



Τμήμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένης Διαιτολογίας

Κατεύθυνση: Αθλητική Διατροφή

Τίτλος Μεταπτυχιακής Διατριβής: «Συχνότητα Εμφάνισης

Υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια ορεινού μαραθωνίου»

Δημητρούλης Μ. Εμμανουήλ

Τριμελής Επιτροπή:

Κάβουρας Σταύρος, Λέκτορας (Επιβλέπων Καθηγητής)

Συντώσης Λάμπρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Νάσης Γεώργιος, Διδάσκων (Π.Δ 407)

Περίληψη Μεταπτυχιακής Διατριβής

Τίτλος: Συχνότητα εμφάνισης υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια ορεινού μαραθωνίου

Εμμανουήλ Μ. Δημητρούλης

Εισαγωγή: Ως αθλητική υπονατριαιμία (EAH) ορίζεται η εμφάνιση συγκέντρωσης νατρίου ορού ή πλάσματος χαμηλότερη από 135 mmol/l σε αθλητές που συμμετέχουν σε παρατεταμένης διάρκειας φυσική δραστηριότητα, συνήθως άνω των 4 ωρών.

Στόχος Μελέτης: Στόχος της μελέτης ήταν να μελετηθεί η συχνότητα εμφάνισης υπονατριαιμίας και να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ της υδατικής ισορροπίας και των επιπέδων ηλεκτρολυτών στο αίμα και της διαιτητικής πρόσληψης κατά τη διάρκεια του μαραθωνίου του Ολύμπου.

Μεθοδολογία: Από τους 104 αθλητές αντοχής που συμφώνησαν να συμμετέχουν στην έρευνα οι 68 αθλητές (63 άνδρες και 5 γυναίκες) τερμάτισαν εντός χρόνου και έδωσαν δείγμα αίματος και ούρων πριν και μετά τον Μαραθώνιο του Ολύμπου 2005 (απόσταση: 43 km, υψόμετρο: 2780 μέτρα, θερμοκρασία: 15-34 °C, σχετική υγρασία: 50-70%). Επιπλέον, καταγράφηκε η διαιτητική πρόσληψη και η πρόσληψη υγρών όλων των αθλητών κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Αποτελέσματα: Οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα με μέσο χρόνο τερματισμού 8 ώρες και 42 λεπτά, ήπια αφυδατωμένοι με σημαντική μέση απώλεια βάρους $-2,2 \pm 1,7$ kg ή $-2,9 \pm 3,3$ % μετά τον αγώνα. Οι αθλητές καταναλώναν κατά μέσο όρο 513 ml υγρών/ ώρα και 0,2 g Na/ λίτρο καταναλισκόμενων υγρών. Από τους 68 αθλητές οι 5 (8%) εμφάνισαν υπονατριαιμία ([Na] πριν: 138 ± 1 mmol/l, [Na] μετά: 130 ± 5 mmol/l). Οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να ολοκληρώσουν τον αγώνα με μικρότερες απώλειες βάρους ($p=0.163$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πρόσληψη υγρών ($p=0.563$) και νατρίου ($p=0.915$) κατά τη διάρκεια του αγώνα μεταξύ των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαικών αθλητών.

Συμπέρασμα: Πέντε αθλητές (8%) εμφάνισαν υπονατριαιμία κατά τη διάρκεια του Μαραθωνίου του Ολύμπου. Η διαιτητική πρόσληψη νατρίου και η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα δε διέφερε σημαντικά στις δύο ομάδες. Στην εμφάνιση υπονατριαιμίας πιθανώς να συνέβαλλαν άλλοι παράγοντες όπως η αυξημένη [Na] στον ιδρώτα, η αναστολή της φυσιολογικής λειτουργίας των νεφρών και η ανάρμοστη έκκριση ορμονών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Περιεχόμενα Μεταπτυχιακής Διατριβής

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμοί.....	1
1.2 Υπονατριαιμία, Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.3 Κατηγοριοποίηση και Συμπτώματα Υπονατριαιμίας που σχετίζεται με την άσκηση (EAH).....	2
1.4 Επίπτωση Υπονατριαιμίας.....	4
1.4.1 Υπονατριαιμία σε Μαραθώνιους Αγώνες.....	4
1.4.2 Υπονατριαιμία σε Αγώνες Παρατεταμένης Διάρκειας	5
1.4.3 Υπονατριαιμία σε στρατιώτες.....	6
1.5 Αιτιολογία και Παθοφυσιολογία Αθλητικής Υπονατριαιμίας.....	7
1.6 Παράγοντες Κινδύνου Εμφάνισης Αθλητικής Υπονατριαιμίας.....	17
1.6.1 Χαμηλό Σωματικό Βάρος.....	18
1.6.2 Θηλυκό Φύλο.....	19
1.6.3 Διάρκεια άσκησης μεγαλύτερη ή ίση με 4 ώρες.....	20
1.6.4 Αργός Ρυθμός Αγώνα ή χαμηλό επίδοση.....	21
1.6.5 Απειρία Αγώνων.....	22
1.6.6 Υπερβολική Κατανάλωση Υγρών.....	22
1.6.7 Υψηλή Διαθεσιμότητα Υγρών.....	23
1.6.8 Διαταραγμένη Νεφρική Λειτουργία ή Ορμονική Λειτουργία.....	24
1.6.9 Υπερβολικά ζεστές ή κρύες Περιβαλλοντικές Συνθήκες.....	25
1.7 Αναπλήρωση Υγρών κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας..	26
1.8 Στρατηγικές πρόληψης εμφάνισης υπονατριαιμίας.....	28
1.9 Μπορεί η πρόσληψη Αθλητικών Ποτών να αποτρέψει την εμφάνιση Υπονατριαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας;.....	31

1.10 Πώς μπορεί η πρόσληψη ποτού και φαγητού να επηρεάσει την εμφάνιση Υπονατριαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας.....	33
1.11 Τι είναι η Υπονατριαιμική Εγκεφαλοπάθεια (ECF) και ποια η αιτιολογία Εμφάνισης της;.....	34
1.12 Θεραπεία υπονατριαιμίας.....	35

2.Μεθοδολογία

2.1 Γενικά Στοιχεία Μαραθωνίου Ολύμπου.....	37
2.2 Συγκέντρωση Δεδομένων πριν τον Αγώνα.....	38
2.3 Διαθεσιμότητα Φαγητού και Ποτών.....	39
2.4 Συγκέντρωση Δεδομένων μετά τον Αγώνα.....	40
2.5 Σύνολο και Όργανα Μετρήσεων.....	41
2.6 Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης.....	42
2.7 Ερευνητικό Ερώτημα.....	43
2.8 Στόχος Μελέτης.....	43

3. Αποτελέσματα

3.1 Αποτελέσματα Συνολικού Πληθυσμού.....	44
3.2 Σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων Υπονατριαιμικών και Νορμονατριαιμικών Αθλητών.....	47
3.2.1 Χαρακτηριστικά και Αναλύσεις Αίματος.....	47
3.2.2 Αναλύσεις Ούρων.....	53
3.2.3 Διαιτητική Πρόσληψη.....	55
3.3 Συσχετίσεις.....	56

4. Συζήτηση

4.1 Κυριότερα Ευρήματα Μελέτης.....	59
-------------------------------------	----

4.2	Σύνολο Αθλητών.....	60
4.2.1	Πρόσληψη Υγρών.....	60
4.2.2	Επίπεδα Ηλεκτρολυτών.....	62
4.2.3	Δείκτες Αφυδάτωσης.....	63
4.2.4	Γλυκόζη και Ενεργότητα Κρεατινικής Κινάσης.....	64
4.2.5	Συνολική Πρόσληψη Θρεπτικών Συστατικών.....	65
4.2.6	Αναλύσεις Ούρων.....	67
4.3.	Σύγκριση Αποτελεσμάτων Υπονατριαιμικών και Νορμονατριαιμικών Αθλητών.....	68
4.3.1	Σωματομετρικά Χαρακτηριστικά και ηλικία.....	68
4.3.2	Μεταβολή Σωματικού Βάρους.....	68
4.3.3	Μεταβολή Όγκου Πλάσματος.....	69
4.3.4	Αιματοκρίτης.....	70
4.3.5	Ωσμωτικότητα ορού.....	70
4.3.6	Πρόσληψη υγρών.....	71
4.3.7	Πρόσληψη Νατρίου.....	71
4.3.8	Μετρήσεις Ούρων.....	72
4.4	Αποτελεί το γυναικείο Φύλο Παράγοντα κινδύνου Εμφάνισης Υπονατριαιμίας;.....	74
4.5	Αποτελεί ο αργός ρυθμός αγώνα Παράγοντα κινδύνου Εμφάνισης Υπονατριαιμίας;.....	74
4.6	Ποια η πιθανή αιτιολογία της εμφάνισης υπονατριαιμίας στην παρούσα μελέτη;.....	75
4.7	Συσχετίσεις.....	77
	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	79

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμοί

Ως υπονατριαιμία ορίζεται η συγκέντρωση νατρίου [Na] πλάσματος ή ορού μικρότερη από 135 mmol/l (ή σε ορισμένα εργαστήρια μικρότερη ή ίση με 135 mmol/l). Ως φυσιολογικές συγκεντρώσεις νατρίου πλάσματος ή ορού ορίζονται οι συγκεντρώσεις μεταξύ 135 mmol/l και 145 mmol/l. Οι συγκεντρώσεις νατρίου πλάσματος ή ορού πάνω από 145 mmol/l κατατάσσονται στην υπερνατριαιμία [1].

Υπονατριαιμία συσχετιζόμενη με την άσκηση ή αθλητική υπονατριαιμία (EAH- Exercise Associated Hyponatremia) είναι η εμφάνιση υπονατριαιμίας σε αθλητές που συμμετέχουν σε παρατεταμένης διάρκειας φυσική δραστηριότητα και καθορίζεται από συγκέντρωση νατρίου ορού ή πλάσματος χαμηλότερη από 135 mmol/l και μπορεί να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια ή μετά το τέλος της δραστηριότητας. Συνήθως, εμφανίζεται σε αθλητικά γεγονότα που διαρκούν πάνω από 4 ώρες [1], αν και τουλάχιστον 2 περιστατικά έχουν αναφερθεί σε γεγονότα μικρότερης διάρκειας [2].

1.2 Υπονατριαιμία, ιστορική αναδρομή

Είναι επιστημονικό δεδομένο των τελευταίων δεκαετιών ότι η παρατεταμένης διάρκειας άσκηση, ειδικότερα όταν πραγματοποιείται σε ζεστό περιβάλλον συσχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης αφυδάτωσης, με διαφοροποίηση των συγκεντρώσεων διαφόρων συστατικών του αίματος, με μειωμένη αθλητική απόδοση και αυξημένο κίνδυνο θερμικών βλαβών. Προς αποφυγή των παραπάνω επιπλοκών, οι συστάσεις για κατανάλωση υγρών από τους αρμόδιους φορείς κατά τη διάρκεια αθλητικών γεγονότων παρατεταμένης διάρκειας οδηγούσαν σε αυξημένη πρόσληψη υποτονικών υγρών [3-6].

Έως το 1985 κανένα περιστατικό υπονατριαιμίας δεν είχε αναφερθεί και γενικά οι δρομείς ολοκλήρωναν τα παρατεταμένης διάρκειας αθλήματα με απώλεια βάρους χωρίς σοβαρές κλινικές επιπλοκές. Οι ανωμαλίες στη συγκέντρωση νατρίου στο αίμα όταν μετρούνταν, συνήθως αφορούσαν αυξημένα επίπεδα, ανάλογα με τη μείωση του όγκου του πλάσματος λόγω ήπιας αφυδάτωσης [7-13].

Από το 1985 και έπειτα, όταν για πρώτη φορά οι Noakes et al [14], περιέγραψαν την υπονατριαιμία σαν μια ιδιαιτέρως σοβαρή επιπλοκή της άσκησης

παρατεταμένης διάρκειας, τα περιστατικά υπονατριαιμίας συσχετιζόμενης με άσκηση που καταγράφονται διαρκώς αυξάνονται [2, 4, 5, 15-28].

1.3 Κατηγοριοποίηση και Συμπτώματα Υπονατριαιμίας που σχετίζεται με την άσκηση (ΕΑΗ)

Η κατηγοριοποίηση της αθλητικής υπονατριαιμίας οφείλει να γίνεται με τα ίδια κλινικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται και σε κάθε υπονατριαιμία οξείας ή χρόνιας μορφής [29]. Το σημαντικότερο κριτήριο διαχωρισμού αποτελεί ο καθορισμός της παρουσίας ή της απουσίας κλινικών συμπτωμάτων και εκδηλώσεων, ειδικότερα νευρολογικών επιπλοκών. Σαν μια γενική θεώρηση, όσο πιο χαμηλή είναι η συγκέντρωση νατρίου [Na] ορού ή πλάσματος, τόσο πιο σοβαρά θα είναι τα νευρολογικά συμπτώματα [30]. Ωστόσο, οι διατομικές διαφορές είναι μεγάλες στην εκδήλωση κλινικών συμπτωμάτων και για αυτό το λόγο η αριθμητική τιμή της συγκέντρωσης νατρίου [Na] δεν είναι πάντα ένας αξιόπιστος δείκτης της κλινικής σοβαρότητας μιας υπονατριαιμίας, συμπεριλαμβανόμενης και της αθλητικής υπονατριαιμίας [29].

Μετά από προσεκτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, η μόνη έρευνα που σύγκρινε τις διαφορές των συμπτωμάτων μεταξύ συμπτωματικών και ασυμπτωματικών υπονατριαιμιών σε αθλητές, από τους Speedy et al [24], ανέφερε ότι όλοι οι υπονατριαιμικοί αθλητές με συγκέντρωση νατρίου πλάσματος κάτω από 125 mmol/l εμφάνιζαν συμπτώματα, ενώ η πλειοψηφία των αθλητών με συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μεταξύ 130 mmol/l και 134 mmol/l δεν εμφάνιζαν συμπτώματα. Πραγματικά, μόνο 1,5% των αθλητών χωρίς συμπτώματα που δε ζήτησαν βοήθεια από την ιατρική μονάδα βρέθηκαν να έχουν συγκέντρωση νατρίου πλάσματος κάτω από 130 mmol/l. Αυτή η έρευνα προτείνει ότι η ήπια υπονατριαιμία ([Na]= 130-134 mmol/l) είναι συνήθως ασυμπτωματική, ενώ η πιο σοβαρής μορφής υπονατριαιμία ([Na]<130 mmol/l) είναι συνήθως συμπτωματική.

Σύμφωνα με τους συγγραφείς του Hyponatremia Consensus Statement, 2005 [1], οι υπονατριαιμίες ήπιας μορφής ([Na] ορού ή πλάσματος μεταξύ 130 και 134 mmol/l) είναι σχετικά ασυμπτωματικές και εξομαλύνονται συνήθως αυτόματα από τον οργανισμό κατά την αποκατάσταση, αν και έχουν αναφερθεί εξαιρέσεις σε αυτόν τον κανόνα. Συμπτώματα της αθλητικής υπονατριαιμίας τείνουν να εμφανίζονται όταν η [Na] ορού ή πλάσματος βρεθεί σε επίπεδα κάτω από 130 mmol/l. Πρωταρχικά

συμπτώματα περιλαμβάνουν αίσθημα πρηξίματος, υπνηλία, ναυτία, εμετό και πονοκέφαλο. Ωστόσο, αυτά τα συμπτώματα δεν είναι ειδικά και αποκλειστικά συμπτώματα υπονατριαιμίας και μπορεί να εμφανιστούν με διαφορετική αιτιολογία κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας απουσία υπονατριαιμίας. Καθώς η σοβαρότητα της υπονατριαιμίας αυξάνεται, σφοδρά συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν ως αποτέλεσμα εγκεφαλικού οιδήματος, που περιλαμβάνουν αλλοιωμένο πνευματικό προφίλ (σύγχυση, έλλειψη προσανατολισμού, ταραχή), ανακοπές, αναπνευστική δυσφορία, πρήξιμο άκρων, κώμα και θάνατο. Η παρουσία κάποιου από τα παραπάνω συμπτώματα συνιστά απόλυτη ένδειξη για μέτρηση της συγκέντρωσης του νατρίου ορού σε αθλητικό γεγονός παρατεταμένης διάρκειας.

Η κατηγοριοποίηση της αθλητικής υπονατριαιμίας περιλαμβάνει τρία επίπεδα, σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση των Hew et al [31]. Η υπονατριαιμία ήπιας μορφής χαρακτηρίζεται από επίπεδα $[Na]$ ορού ή πλάσματος μεταξύ 130 mmol/ l και 134 mmol/ l. Η υπονατριαιμία μέτριας σοβαρότητας χαρακτηρίζεται από επίπεδα $[Na]$ ορού ή πλάσματος μεταξύ 120 mmol/ l και 129 mmol/ l, ενώ η υπονατριαιμία πολύ σοβαρής μορφής χαρακτηρίζεται από επίπεδα $[Na]$ ορού ή πλάσματος κάτω από 120 mmol/ l.

Σύμφωνα με μια πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα των Noakes et al [32], η αθλητική υπονατριαιμία διακρίνεται σε βιοχημική υπονατριαιμία, όταν η $[Na]$ αίματος είναι μεγαλύτερη από 129 mmol/ l και σε κλινικά σημαντική υπονατριαιμία, όταν η $[Na]$ αίματος είναι μικρότερη από 129 mmol/ l.

Τέλος, σύμφωνα με την Weschler [33], η υπονατριαιμία διακρίνεται σε βιοχημική υπονατριαιμία ($129 \text{ mmol/ l} \leq [Na] \leq 134,9 \text{ mmol/ l}$), η οποία είναι σχεδόν απίθανο να επιφέρει υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια και στην κλινικά σημαντική υπονατριαιμία ($[Na] \leq 128,9 \text{ mmol/ l}$), όπου η εμφάνιση υπονατριαιμικής εγκεφαλοπάθειας, της πιο επικίνδυνης επιπλοκής της αθλητικής υπονατριαιμίας, είναι βέβαιη.

Από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας εξάγεται το συμπέρασμα ότι η αριθμητική τιμή της συγκέντρωσης νατρίου $[Na]$ πλάσματος ή ορού δεν αποτελεί αλάνθαστο δείκτη της σοβαρότητας μια αθλητικής υπονατριαιμίας και της σφοδρότητας των νευρολογικών και των άλλων συμπτωμάτων της. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι αθλητές με συγκέντρωση νατρίου αίματος $<110 \text{ mmol/ l}$ επέζησαν (συμπεριλαμβανομένου αθλητή με συγκέντρωση νατρίου 87 mmol/ l [34]), ενώ αντίθετα αθλητές με συγκέντρωση νατρίου αίματος 117 mmol/ l [35] και 122 mmol/ l

απεβίωσαν. Επιπλέον, φαίνεται ότι οι αθλητές με [Na] αίματος μικρότερη από 130 mmol/l, διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης συμπτωμάτων υπονατριαιμίας όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ αντιθέτως οι αθλητές με [Na] αίματος μεγαλύτερη ή ίση με 130 mmol/l συνήθως ολοκληρώνουν τον αγώνα χωρίς συμπτώματα υπονατριαιμίας. Η παρουσίαση οποιουδήποτε από τα παραπάνω αναλυθέντα συμπτώματα, αποτελεί ένδειξη για το εξειδικευμένο ιατρικό επιτελείο για άμεση μέτρηση της [Na] αίματος. Τέλος, το ιατρικό επιτελείο ενός αγώνα οφείλει να γνωρίζει τα συμπτώματα της αθλητικής υπονατριαιμίας και να είναι σε θέση να τα ξεχωρίσει από τα συμπτώματα άλλων πιθανών επιπλοκών σε έναν αγώνα παρατεταμένης διάρκειας, ώστε να αποφευχθούν λανθασμένες διαγνώσεις και θεραπείες, οι οποίες είναι πιθανόν να επιδεινώσουν την υπονατριαιμία ενός αθλητή.

1.4 Επίπτωση Υπονατριαιμίας

Τα τελευταία 8 έτη έχουν αναφερθεί 8 θάνατοι από συσχετιζόμενη με άσκηση υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια (EAHE) σε μαραθωνοδρόμους [31, 35, 36] και σε στρατιώτες [9, 37]. Όλα τα θανατηφόρα περιστατικά συνέβησαν στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Ο επιπολασμός των περιστατικών υπονατριαιμίας (EAH) έχει επίσης αυξηθεί σημαντικά στην ίδια χρονική περίοδο στις Ηνωμένες Πολιτείες [31, 35, 38, 39]. Αντιθέτως, η EAH είναι πλέον λιγότερο συχνή στη Νότια Αφρική [40-42], όπου περιγράφηκε για πρώτη φορά περιστατικό υπονατριαιμίας [14], όπως επίσης και στη Νέα Ζηλανδία [43], όπου η εμφάνιση EAH κατά τη διάρκεια αθλητικών γεγονότων ήταν πολύ διαδεδομένη [21-26, 43-46] κατά το παρελθόν.

1.4.1 Υπονατριαιμία σε Μαραθωνίους Αγώνες

Σύμφωνα με άρθρο του Ayus et al, 2000 [35], 7 αθλητές από το 1993 έως το 1999 στους μαραθωνίους του Τέξας, της Καλιφόρνια και του Καναδά εμφάνισαν EAHE. Έξι από τους αθλητές επέζησαν ενώ ένας αθλητής δεν κατάφερε να επιβιώσει. Ο αθλητής αυτός εμφάνισε [Na] αίματος 117 mmol/l. Οι Hew et al[31], αναφέρουν ότι στο μαραθώνιο του Χιούστον το 2000, 21 αθλητές εμφανίστηκαν στο κέντρο ιατρικής βοήθειας του αγώνα με υπονατριαιμία (0.31 % των αθλητών που ξεκίνησαν τον αγώνα), ενώ από το ίδιο άρθρο υπάρχουν τα καταγεγραμμένα περιστατικά υπονατριαιμίας σε μαραθωνίους, όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Καταγεγραμμένα περιστατικά υπονατριάμιας σε μαραθωνίους[31]

Big Sur 1993	1 θάνατος με [Na] κάτω από 117 mmol/l
Chicago 1998	1 θάνατος
Dallas 1996	1 περιστατικό
Houston 1999	4 περιστατικά εντατικής θεραπείας
Boston 1999	2 περιστατικά σε αργούς δρομείς
Boston 2002	1 θάνατος
Twin Cities 1997	1 περιστατικό
San Diego 1998/1999	26 περιστατικά
Walt Disney/Orlando 2000	1 περιστατικό νοσηλευόμενο για μια ημέρα
San Francisco 1999	1 περιστατικό που παρέμεινε σε κώμα για 11 ημέρες

Σε δημοσίευση των Davis et al [38], αναφέρεται ότι στους μαραθωνίους Suzuki Rock ‘N’ Roll των ετών 1998 και 1999, 26 αθλητές εμφάνισαν υπονατριάμια ($[Na] \leq 135$ mmol/ l), 15 εκ των οποίων εμφάνισαν σοβαρής μορφής υπονατριάμια ($[Na] \leq 125$ mmol/ l). Επιπλέον, οι Almond et al [39], έχοντας συλλέξει δείγμα αίματος από 488 αθλητές (766 αθλητές στην εκκίνηση), από το μαραθώνιο της Βοστώνης του 2002, ανίχνευσαν στο 13% των αθλητών υπονατριάμια ($[Na] \leq 135$ mmol/ lt) και στο 0.6% των αθλητών υπονατριάμια πολύ σοβαρής μορφής ($[Na] \leq 120$ mmol/ lt). Ωστόσο, η πρώτη δημοσίευση που παρέθετε δεδομένα για εμφάνιση υπονατριάμιας σε ένα απλό μαραθώνιο ανήκε στους Young et al[47], με ένα αθλητή να παρουσιάζει [Na] αίματος κάτω από 130 mmol/ lt. Αναφορικά με την εμφάνιση υπονατριάμιας σε μαραθωνίους, οι Hsieh et al [48], αναφέρουν ότι από τους 51 αθλητές που ζήτησαν βοήθεια στο ιατρικό κέντρο ενός κλασικού μαραθωνίου, οι 3 (5,6 %) είχαν [Na] αίματος χαμηλότερη από 130 mmol/ lt, χωρίς όμως να εμφανίσουν νευρολογικές επιπλοκές.

1.4.2 Υπονατριάμια σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας

Σοβαρές διαταραχές των συγκεντρώσεων ηλεκτρολυτών αίματος δεν είναι πολύ συχνές σε ανταγωνιστικούς αγώνες δρόμου αποστάσεων έως και 42 km. Ωστόσο, αυξημένο ποσοστό αθλητών που συμμετέχει σε υπερμαραθωνίους αγώνες ή σε αγώνες τριάθλου, που διαρκούν πάνω από 6 ώρες, εμφανίζει υπονατριάμια. Οι Sharwood et al[41], αναφέρουν σε δημοσίευση τους το 2002, ότι από τα 2384 δείγματα αίματος που έχουν συλλεχθεί τα τελευταία 20 έτη από τους αγώνες

Hawaiian Ironman Triathlon (226 km), στο 26 % η [Na] αίματος ήταν χαμηλότερη από 130 mmol/ l. Η ερευνητική ομάδα των Hiller et al[5, 19, 21, 49], με πληθώρα δημοσιεύσεων σχετικά με την εμφάνιση υπονατριαιμίας στο συγκεκριμένο αθλητικό γεγονός έδωσε ποσοστά εμφάνισης υπονατριαιμίας από 13 έως και 29 %. Επιπλέον, στο Ironman Triathlon της Νέας Ζηλανδίας το 1997[21], 17% (120 αθλητές) από τους 660 αθλητές που ολοκλήρωσαν τον αγώνα είχαν επίπεδα συγκέντρωσης νατρίου αίματος εκτός των φυσιολογικών ορίων των 135-145 mmol/ l, εκ των οποίων οι 25 είχαν υπονατριαιμία (3,8% από τους αθλητές που βρέθηκαν στην εκκίνηση). Αντιθέτως, στην ίδια διοργάνωση το 1998 [44], μόνο 4 αθλητές από τους 117 που έφτασαν για βοήθεια στο κέντρο ιατρικής περίθαλψης εμφάνισαν υπονατριαιμία (0,6% από τους αθλητές στην εκκίνηση). Οι πρώτες αναφορές, για περιστατικά υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας ανήκουν στους Frizzell et al, [4]. Η δημοσίευση αυτή παραθέτει ενδιαφέροντα στοιχεία για 2 αθλητές που συμμετείχαν σε αγώνες 80 και 100 km αντίστοιχα και εμφάνισαν υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια με [Na] αίματος 123 και 118 mmol/ l αντίστοιχα. Οι 2 αθλητές έμειναν σε υπονατριαιμικό κόμα για κάποιες ώρες αλλά κατάφεραν να επανέλθουν.

1.4.3 Υπονατριαιμία σε στρατιώτες

Κατά τα έτη 1996 και 1997, 17 περιστατικά υπονατριαιμίας είχαν καταγραφεί στο στρατό των Ηνωμένων Πολιτειών[50]. Μέση συγκέντρωση νατρίου στους στρατιώτες που νοσηλεύτηκαν ήταν 122 mmol/l (SD=5 mmol/l, range=115-130 mmol/l), ενώ το 77% των υπονατριαιμιών αυτών εμφανίστηκαν στις πρώτες 4 εβδομάδες εκπαίδευσης. Εννέα στρατιώτες είχαν πρόσληψη νερού πάνω από 500 ml/h. Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα συμπεριελάμβαναν αλλαγές στην πνευματική κατάσταση των αθλητών (88%), έμετο (65%), ναυτία (53%), και κατάρρευση (31%) [50]. Από προσεκτική μελέτη του ιστορικού κατανάλωσης υγρών πριν και μετά τις στρατιωτικές δοκιμασίες, φαίνεται ότι οι υπονατριαιμίες προήλθαν από επιθετική αναπλήρωση υγρών από τους στρατιώτες οι οποίες μάλιστα ήταν σύμφωνες με τις συστάσεις από τους ανωτέρους τους.

Οι ακραίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και ο ανεπαρκής εγκλιματισμός των στρατιωτών σε αυτές τις συνθήκες βοηθούν στην εμφάνιση υπονατριαιμίας σε στρατιώτες, ιδιαίτερα σε παρατεταμένης διάρκειας ασκήσεις. Επιπλέον, ο ρουχισμός

και ο εξοπλισμός των στρατιωτών δεν επιτρέπει την επαρκή εφίδρωση με αποτέλεσμα η κατάσταση υπερυδάτωσης να επιδεινώνεται [51].

1.5 Αιτιολογία και Παθοφυσιολογία Αθλητικής Υπονατριαιμίας

Σύμφωνα με το Hyponatremia Consensus Statement [1], τα αποτελέσματα από τις σχετικές επιστημονικές έρευνες καταδεικνύουν ότι η ΕΑΗ είναι η διαλυτική υπονατριαιμία, η οποία προκαλείται από αύξηση στο συνολικό νερό στον ανθρώπινο οργανισμό σε σχέση με την ποσότητα του συνολικού νατρίου στο σώμα που είναι διαθέσιμο. Στα περισσότερα καταγεγραμμένα περιστατικά συμπτωματικής αθλητικής υπονατριαιμίας, εμφανίστηκε πρόσληψη βάρους μεταγωνιστικά σε σχέση με το σωματικό βάρος πριν την έναρξη του αθλητικού γεγονότος, ένδειξη απόλυτης αύξησης του συνολικού νερού σώματος. Ο πρώτιστος αιτιολογικός παράγοντας στα περιστατικά που έχουν μελετηθεί φαίνεται να είναι η κατανάλωση υποτονικών υγρών (νερό ή αθλητικά ποτά) σε υπερβολή, σε σχέση με τις φυσιολογικές και αυθόρμητες αποβολές υγρών διαμέσου του ιδρώτα και της νεφρικής απέκκρισης [1].

Η υπονατριαιμία προκαλούμενη αποκλειστικά από υπερκατανάλωση υγρών αποδείχθηκε σε ηρεμία σε αθλητές με ή χωρίς ιστορικό εμφάνισης υπονατριαιμίας. Η πρόσληψη βάρους σε αυτούς τους αθλητές εμφανίστηκε παρά την αύξηση στην ελεύθερη απέκκριση νερού και την ολική αναστολή των επιπέδων αγγειοπιεσίνης της αργινίνης (AVP), όπως αντικατοπτρίστηκε από τις μέσες ωσμωτικότητες ούρων. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της άσκησης, τα επίπεδα AVP πλάσματος ενδεχομένως να μην αναστέλλονται πλήρως. Η υπόθεση αυτή αποδείχθηκε σε μια 24ωρη άσκηση πορείας κατά τη διάρκεια της οποίας οι ωσμωτικότητες των ούρων απέτυχαν να φτάσουν τα ελάχιστα επίπεδα που θα αναμένονταν σε άτομα που έχουν υπερκαταναλώσει υγρά. Επίσης, η υπόθεση αυτή επιβεβαιώθηκε σε πεζοπόρους που εμφάνισαν υπονατριαιμία. Συγκεντρώσεις AVP πλάσματος εντός των ορίων είναι φυσιολογικά ανάρμοστες παρουσία υπονατριαιμίας ή/ και υπερογκαιμίας. Ακόμα και μικρές αυξήσεις στη συγκέντρωση της κυκλοφορούσας AVP, μειώνουν σημαντικά τη μέγιστη δυνατότητα νεφρικής έκκρισης, συνεπώς αυξάνεται η τάση κατακράτησης των προσλαμβανομένων υγρών ακόμα και όταν ο ρυθμός πόσης δεν ξεπερνά τα 800-1000 ml/ h. Υψηλές ωσμωτικότητες ούρων έχουν καταγραφεί σε αθλητές που νοσηλεύτηκαν με υπονατριαιμία σε κρίσιμη κατάσταση. Οι παρατηρήσεις αυτές ενοχοποιούν περεταίρω την ανάρμοστη έκκριση AVP κατά την άσκηση, ως

παράγοντα που συμβάλλει σημαντικά στην εμφάνιση της διαλυτικής υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας. Συνεπώς, στους αθλητές που εμφανίζουν υπονατριαιμία οι συγκεντρώσεις ούρων μπορεί να κινούνται σε ένα φάσμα τιμών, που ποικίλει ανάλογα με την ικανότητα του αθλητή να αποβάλλει ούρα ελεύθερα ή ανάλογα με την ανικανότητα του να αποβάλλει ούρα. Άρα, η πιθανότητα εκδήλωσης υπερφόρτωσης υγρών με προηγούμενη φυσιολογική ή υπερβολική πρόσληψη υγρών αυξάνεται όταν η AVP εκκρίνεται ανάρμοστα κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας παρατεταμένης διάρκειας, η οποία εκδηλώνεται με αυξημένη ωσμωτικότητα και μειωμένο όγκο ούρων. Χαμηλότερος ρυθμός παραγωγής ούρων συσχετίζεται σημαντικά με υψηλότερο ρυθμό μείωσης της [Na] στον πλάσμα ή στον ορό αίματος σε αθλητές που πίνουν υγρά σε υπερβολή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Συνεπώς, η ανάρμοστα υψηλή συγκέντρωση AVP μπορεί σε κάθε χρονικό σημείο της παρατεταμένης άσκησης να συμβάλλει στην υψηλή ωσμωτικότητα και τη χαμηλή ποσότητα ούρων και επομένως στη μείωση της [Na] στον ορό ή στο πλάσμα των αθλητών. Παρόλα αυτά, ο μικρός χρόνος ημιζωής (6-8 λεπτά) της AVP, καθιστά τη μέτρηση του βαθμού αναστολής της AVP ιδιαιτέρως δύσκολη κατά τη διάρκεια της άσκησης και έτσι η πιθανότητα η ανάρμοστη έκκριση AVP να αποτελεί ισχυρό προδιαθετικό παράγοντα για εμφάνιση EAH, δε μπορεί να αποκλειστεί.

Η υπερβολική απώλεια Na^+ δεν έχει αποδειχθεί ως πρωτεύων αιτιολογικός παράγοντας της παθογένεσης της EAH. Δημοσιευμένες μελέτες δείχνουν ότι οι απώλειες Na^+ δεν είναι μεγαλύτερες σε αθλητές που εμφανίζουν EAH σε σχέση με αθλητές που δεν εμφανίζουν [16, 23, 25, 26, 44, 52]. Παρότι η συμπτωματική EAH συσχετίζεται σημαντικά με την αύξησης βάρους, η μέτριας μορφής ή η ασυμπτωματική υπονατριαιμία (130-134 mmol/l), σχετίζεται με ένα ευρύ φάσμα αλλαγών σωματικού βάρους, από απώλεια βάρους (-9%) έως πρόσληψη βάρους (+2%). Η αιτιολογία της εμφάνισης ασυμπτωματικής EAH δεν έχει αναπτυχθεί ξεκάθαρα. Ωστόσο, σε αθλητές με υψηλή συγκέντρωση Na στον ιδρώτα (>100 mmol/l) ή υψηλή απώλεια Na διαμέσου των ούρων λόγω ανάρμοστης έκκρισης AVP και αυξημένης κατακράτησης υγρών (>400 mosm/l), οι απώλειες Na ενδέχεται να παίζουν δευτερεύοντα ρόλο στην ανάπτυξη της EAH με ένα εκ των δύο παρακάτω μηχανισμών: 1) υπογκαιμία που παράγεται από απώλειες νατρίου και νερού από τον ιδρώτα μπορεί να δράσει σαν διεγερτικό της έκκρισης AVP, επάγοντας δευτερεύουσα κατακράτηση υγρών 2) οι απώλειες Na μπορούν να επιδεινώσουν το βαθμό

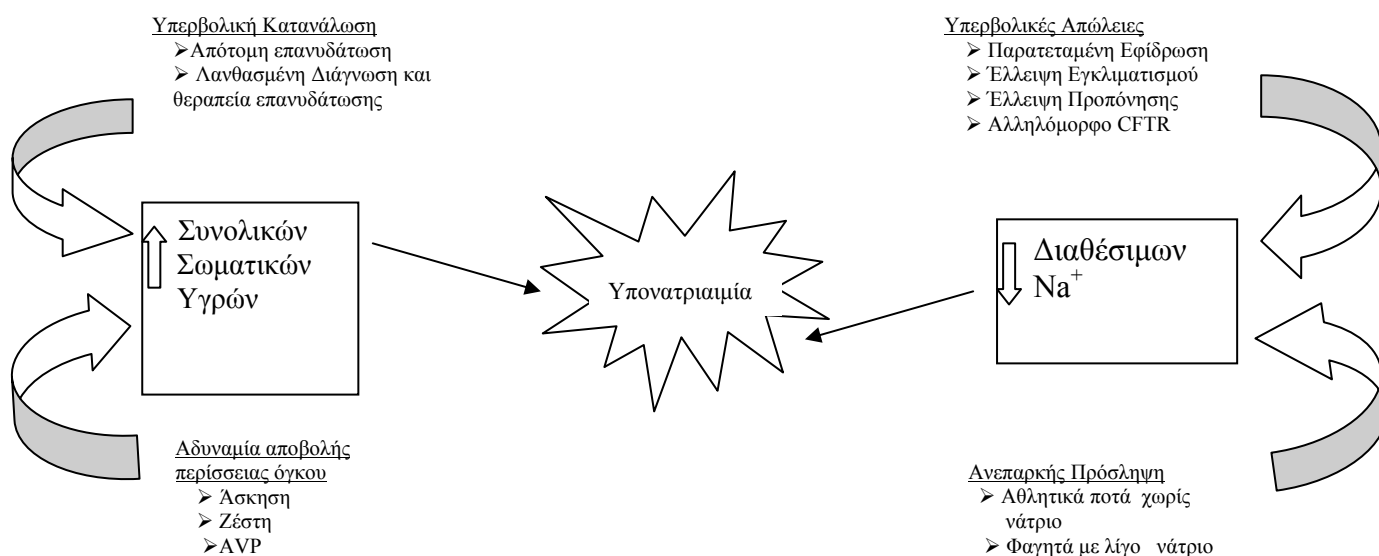
υπονατριαιμίας, παρότι στα περισσότερα περιστατικά η κατακράτηση υγρών είναι ο πρωταρχικός αιτιολογικός παράγοντας. Σύμφωνα με τη Rehner [53], οι απώλειες νατρίου από τον ιδρώτα ποικίλουν από άτομο σε άτομο με μεγάλες διαφορές και αυξάνονται όταν υπάρχει αυξημένη παραγωγή ιδρώτα και μειώνονται όταν ένα άτομο είναι εγκλιματισμένο σε ζεστό περιβάλλον και είναι προσαρμοσμένο προπονητικά. Οι συγκεντρώσεις νατρίου στο αίμα μπορεί να ποικίλουν από 20 έως 80 mEq/l ιδρώτα. Συμπερασματικά, σε ζεστό κλίμα (αυξημένη εφίδρωση) και σε αθλητικά γεγονότα πολύ μεγάλης διάρκειας (>24 ώρες) οι απώλειες Na από τον ιδρώτα ενδέχεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση EAH.

Σε μια πολύ σημαντική δημοσίευση του 2006 από τους Montain et al [54], παρέχεται ένα σημαντικό εργαλείο για τον υπολογισμό της συνεισφοράς της πρόσληψης υγρών και της απώλειας νατρίου στη διάλυση του νατρίου πλάσματος κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Ο σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η διερεύνηση της υπόθεσης κατά πόσο η EAH μπορεί να εμφανιστεί χωρίς υπερκατανάλωση υγρών σε σχέση πάντα με τις αποβολές υγρών διαμέσου της εφίδρωσης και της νεφρικής απέκκρισης. Οι υπολογισμοί της έρευνας προέβλεψαν ότι η υπερκατανάλωση υγρών είναι η αιτία της αθλητικής υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια μαραθωνίου (42 km). Οι αποβολές νατρίου μέσω του ιδρώτα σε αυτά τα αθλητικά γεγονότα δεν είναι επαρκής ώστε να προκαλέσει μείωση της συγκέντρωσης Na του πλάσματος που θα προκαλέσει συμπτωματική υπονατριαιμία χωρίς υπερβολική πρόσληψη υγρών. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με προγενέστερες έρευνες όπου η κατανάλωση υγρών από υπονατριαιμικούς μαραθωνοδρόμους ήταν πολύ μεγαλύτερη από τις απώλειες από εφίδρωση [31, 38, 39]. Για αθλητικά γεγονότα μεγαλύτερης διάρκειας, όπως το Ironman Triathlon, η υπερκατανάλωση υγρών σε σχέση με την απώλεια υγρών μέσω της εφίδρωσης είναι ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης EAH [54]. Ωστόσο, η υπερπρόσληψη υγρών δεν είναι αναγκαία προϋπόθεση για εμφάνιση EAH, καθώς όταν η συγκέντρωση Na στον ιδρώτα είναι πάνω από το μέσο όρο, αλλά μέσα σε φυσιολογικά όρια, μπορεί οι αθλητές να τερματίσουν τον αγώνα όντας αφυδατωμένοι και υπονατριαιμικοί. Η πρόταση αυτή υποστηρίζεται και από μελέτες που έδειξαν ότι κάποιοι τριαθλητές με απώλεια βάρους πάνω από 2%, ολοκλήρωναν τον αγώνα με [Na] ίση ή μικρότερη από 130 mmol/l [19, 24, 55]. Κατά πόσο όμως είναι ικανή η υπονατριαιμία που προκαλείται αποκλειστικά από απώλειες νατρίου στον ιδρώτα να εμφανίσει συμπτώματα είναι αβέβαιο, αφού οι περισσότερες συμπτωματικές υπονατριαιμίες

εμφανίζονται με $[Na]$ αίματος κάτω από 125 mmol/ l [55, 56]. Από τους υπολογισμούς του άρθρου είναι ξεκάθαρο ότι για να εμφανιστεί συμπτωματική υπονατριαιμία η $[Na]$ στον ιδρώτα πρέπει να είναι πολύ πάνω από το μέσο όρο [54].

Σύμφωνα με τους Montain et al [54], ο κίνδυνος εμφάνισης συμπτωματικής υπονατριαιμίας εξαρτάται από το μέγεθος της διάλυσης του Na και από το ρυθμό με τον οποίο εμφανίζεται η ανισορροπία μεταξύ νερού και ηλεκτρολυτών. Φαίνεται πως όταν ένας αθλητής παρουσιάζει αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα, η περίσσεια υγρών που πρέπει να καταναλωθεί ώστε να εμφανιστεί συμπτωματική υπονατριαιμία μειώνεται. Σε περίπτωση που ένας αθλητής ολοκληρώσει τον αγώνα αφυδατωμένος και με υπονατριαιμία, πιθανή απότομη επανυδάτωση θα επιδεινώσει την υπονατριαιμία και σύμφωνα με αυτή τη θεωρία εξηγείται το φαινόμενο εμφάνισης συμπτωμάτων σε αθλητές μερικές ώρες μετά τη λήξη της φυσικής δραστηριότητας. Ιδιαίτερως σημαντική σημείωση στο συγκεκριμένο άρθρο αποτελεί ότι το μοντέλο που αναπτύχθηκε αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στο συνολικό νερό σώματος. Η οξείδωση υδατανθράκων, λίπους και πρωτεΐνης οδηγεί σε μείωση της σωματικής μάζας ανεξάρτητα από την απώλεια σωματικού νερού. Παρομοίως, ο αερισμός οδηγεί σε αναπνευστική απώλεια νερού. Αυτές οι απώλειες νερού υπολογίζονται ως εξής: 0.12 g/ kcal και 0.11 g/ kcal αντίστοιχα.

Ωστόσο, οι δημοσιεύσεις που προσπάθησαν να προσεγγίσουν την αιτιολογία της αθλητικής υπονατριαιμίας είναι πολλές με αντικρουόμενα συχνά συμπεράσματα. Οι Montain et al [56]- (σχήμα 1), σε ανασκόπηση τους το 2001 συνοψίζουν τις 3 πιθανές προτάσεις-εξηγήσεις για την εμφάνιση της αθλητικής υπονατριαιμίας: 1) η αθλητική υπονατριαιμία είναι κυρίως συνέπεια των απωλειών νατρίου που δεν αναπληρώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης. 2) η αθλητική υπονατριαιμία είναι αποτέλεσμα αύξησης του όγκου των εξωκυττάρων υγρών που προκαλείται από υπερπρόσληψη νερού και υποτονικών υγρών κατά την άσκηση. 3) Η κύρια αιτία της υπονατριαιμίας κατά την άσκηση είναι η μετακίνηση νατρίου από τα εξωκυττάρια υγρά σε έναν τρίτο χώρο, πιθανώς τον εντερικό σωλήνα [55]. Η πρώτη και η δεύτερη πρόταση φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της υπονατριαιμίας, ενώ αντίθετα η τρίτη πρόταση δε φαίνεται να συμβάλλει στην παθογένεση της υπονατριαιμίας καθώς η ικανότητα μεταφοράς νατρίου προς τον εντερικό σωλήνα είναι πολύ μικρή. Επιπλέον, η συσσώρευση νατρίου στον εντερικό σωλήνα θα έπρεπε να επιφέρει διάρροια, ωστόσο η διάρροια δεν αποτελεί συνήθη επιπλοκή της υπονατριαιμίας.

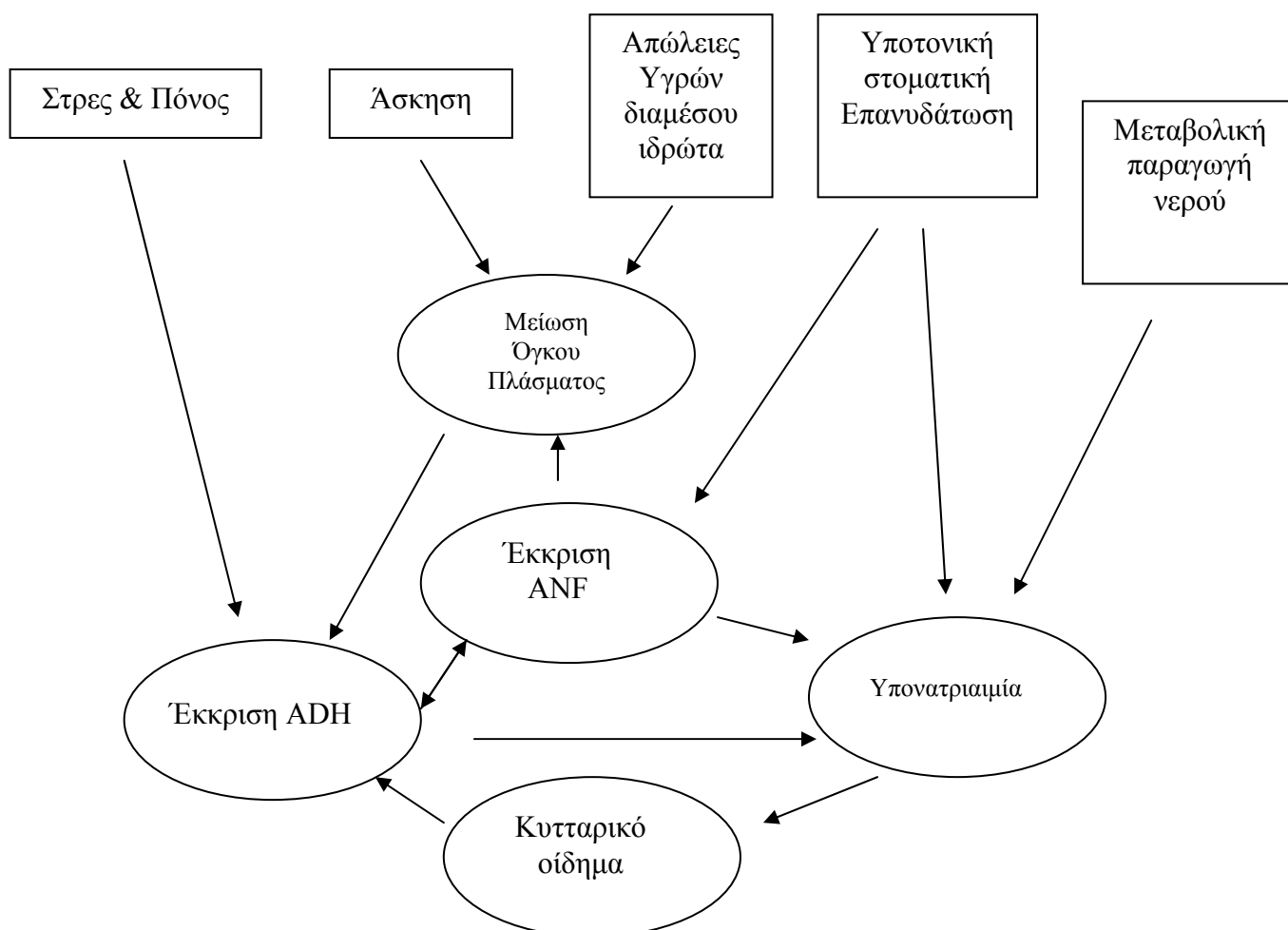


Σχήμα 1: Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη υπονατριάιμιας σε αθλητές [56].

Σύμφωνα με τους Montain et al [56], η παρατήρηση ότι η υπονατριάιμια προκαλείται από παρατεταμένη και υπερβολική πρόσληψη υγρών οδήγησε στην υπόθεση ότι μη φυσιολογικές νεφρικές απαντήσεις ή/ και λειτουργίες παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη της αθλητικής υπονατριάιμιας, καθώς θα αναμενόταν η νεφρική ρύθμιση να αποτρέπει την υπερυδάτωση. Προς επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης, δεδομένα από αθλητές που νοσηλεύτηκαν μετά από διάγνωση ΕΑΗ, φανερώνουν νεφρική δυσλειτουργία αναφορικά κυρίως με την έκκριση της αγγειοπρεσίνης της αργινίνης (AVP), σύμφωνα πάντα με τη δεδομένη ωσμωτική και ογκαιμική κατάσταση. Ωστόσο, μελέτες σε αθλητές σε παρατεταμένη άσκηση δείχνουν ότι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ανάρμοστη έκκριση AVP για να αναπτυχθεί υπονατριάιμια [24, 52, 57]. Μια εναλλακτική εξήγηση για την κατακράτηση υγρών κατά την υπονατριάιμια αποτελούν οι αλλαγές στους παράγοντες που καθορίζουν την επαναρρόφηση νερού και νατρίου από τα ούρα. Η επίπονη άσκηση μειώνει τόσο τη νεφρική ροή αίματος όσο και το ρυθμό της νεφρικής διύλισης. Συνεπώς η άσκηση μπορεί να μειώσει το ρυθμό ροής ούρων κατά 20-60%, ανεξάρτητα από κατάσταση υδάτωσης του αθλητή. Επιπλέον, η άσκηση αυξάνει τη συμπαθητική νευρική δράση στα νεφρά και τα επίπεδα ορμονών όπως η ρενίνη και η αγγειοτενσίνη με αποτέλεσμα την αυξημένη σωληνική επαναρρόφηση νατρίου και συνεπακόλουθη ισοωσμωτική επαναρρόφηση νερού. Η μείωση της νεφρικής διύλισης από μόνη της ή σε συνδυασμό με την ισοωσμωτική επαναρρόφηση νερού μπορούν να μειώσουν την νεφρική παραγωγή ούρων ανεξάρτητα από πιθανή ανάρμοστη έκκριση της AVP.

Σύμφωνα με πρόσφατη ανασκόπηση από τους Speedy et al, 2001 [55] οι μέχρι τότε επιστημονικές ενδείξεις υποστηρίζουν την κατακράτηση υγρών στον εξωκυττάριο χώρο (διαλυτική υπονατριαιμία), παρά την παραμονή υγρών που δεν έχουν απορροφηθεί στο έντερο, ως την αιτία της αθλητικής υπονατριαιμίας. Συνεπώς, φαίνεται ότι η πιθανή παθοφυσιολογική ανωμαλία στην ΕΑΗ σχετίζεται με ανικανότητα της νεφρικής λειτουργίας να αποβάλει με υψηλό ρυθμό την περίσσεια υγρών που προκαλείται από ρυθμό πρόσληψης υγρών ίσο ή μεγαλύτερο από 750 ml [38].

Σύμφωνα με δημοσίευση των Davis et al, 2001 [38]- (σχήμα 2), η μεταβολική παραγωγή νερού κατά την άσκηση, η οποία μπορεί να φτάσει τα 3 λίτρα για έναν άντρα 70 kg, ίσως συνεισφέρει σε κάποιο βαθμό στην εμφάνιση της ΕΑΗ, όπως προτείνεται και από άλλα άρθρα [58, 59]. Η μεταβολική αυτή υπερυδάτωση μπορεί να διορθωθεί σε κάποιο βαθμό με την επανασύνθεση του γλυκογόνου, που πραγματοποιείται όμως με αργό ρυθμό [60, 61] κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης από τη άσκηση παρατεταμένης διάρκειας.



Σχήμα 2: Απεικόνιση παθοφυσιολογίας της υπονατριαιμίας που σχετίζεται με την άσκηση [38].

Πολλές μελέτες στον τομέα της υπονατριαιμίας και της παθοφυσιολογίας που τη συνοδεύει επιχείρησαν να συσχετίσουν την ανάρμοστη έκκριση της αντιδιουρητικής ορμόνης κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας με την εμφάνιση της υπονατριαιμίας [17, 29, 62]. Η έκκριση της αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) ρυθμίζεται από υποδοχείς ευαίσθητους σε μείωση του όγκου πλάσματος και στον πόνο και το στρες που προκαλείται από την άσκηση [29]. Συνεπώς, είναι πιθανό να κατακρατούνται υγρά παρά την υπονατριαιμία. Παρότι, οι μελέτες σχετικά με το ρόλο της ADH στην εμφάνιση της EAH δεν οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα, η παρουσία ανιχνεύσιμης ADH στην έναρξη της EAH μπορεί να θεωρηθεί μη φυσιολογική [24, 52]. Επιπλέον, το εγκεφαλικό οίδημα που μπορεί να εμφανιστεί ως συνέπεια της σοβαρής μορφής υπονατριαιμίας επιφέρει έκκριση ADH και είναι πολύ πιθανό να επιδεινώσει την κατακράτηση υγρών [63]. Η απότομη πρόσληψη υγρών επάγει την έκκριση του ANF (atrial natriuretic factor) και έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αποβολής του νατρίου μέσω των ούρων [64, 65].

Ένας επιπλέον αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας που έχει προταθεί είναι η χρήση NSAIDs (nonsteroidal anti-inflammatory drugs) μη στεροειδών αντιφλεγμονώδων αναλγητικών φαρμάκων από τους αθλητές λίγο πριν ή κατά τη διάρκεια του αγώνα που επάγουν τη δράση της αντιδιουρητικής ορμόνης [66]

Σύμφωνα με πρόσφατη ανασκόπηση από τους Noakes et al, 2006, [32] υπάρχουν 3 ξεχωριστοί μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της αθλητικής υπονατριαιμίας: 1) υπερβολική πρόσληψη υγρών λόγω βιολογικών και ψυχολογικών παραγόντων, 2) ανάρμοστη έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) και πιο συγκεκριμένα αποτυχία αναστολής έκκρισης της ADH παρά την αύξηση του σωματικού βάρους και 3) ανικανότητα κινητοποίησης Na^+ από τις ωσμωτικά ανενεργές αποθήκες νατρίου ή εναλλακτικά ανάρμοστη ωσμωτική απενεργοποίηση των κυκλοφορούντων Na^+ .

Σύμφωνα με μελέτη των Speedy et al [44], σχετικά με την πιθανή αιτιολογία της αθλητικής υπονατριαιμίας, οι αθλητές με συμπτωματική υπονατριαιμία αναπτύσσουν υπερυδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης που σχετίζεται με αύξηση στον όγκο πλάσματος και με συνεπακόλουθη αύξηση στον εξωκυττάριο αλλά και

στον ενδοκυττάριο όγκο υγρών. Το τελευταίο βασίζεται στις παρατηρούμενες μεταβολές στα χαρακτηριστικά της εγκεφαλικής λειτουργίας. Το ορμονικό υπόβαθρο του θετικού αυτού ισοζυγίου υγρών δε φαίνεται το προϋποθέτει αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης AVP πλάσματος ή συγκέντρωσης αλδοστερόνης. Το συμπέρασμα αυτό εξήχθη καθώς οι συγκεντρώσεις AVP και αλδοστερόνης πλάσματος όπως μετρήθηκαν αμέσως μετά το τέλος του αγώνα, δεν εμφανίστηκαν ανάρμοστες, για τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Πολύ αξιόλογη προσέγγιση της αιτιολογίας της υπονατριαιμίας παρουσιάζεται σε ένα από τα πρώτα άρθρα ανασκοπήσεις στο πεδίο της αθλητικής υπονατριαιμίας δημοσιευμένο το 1992 από τον Noakes [17]. Σύμφωνα με τον συγγραφέα του άρθρου, η αθλητική υπονατριαιμία μπορεί να προκληθεί με δύο ανεξάρτητους μηχανισμούς ή από συνδυασμό αυτών των δύο μηχανισμών. Είναι λοιπόν δυνατόν να υπάρξουν αυξημένες αποβολές χλωριούχου νατρίου μέσω της διούρησης και της εφίδρωσης είτε πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Εάν η απώλεια υγρών αναπληρώνεται από υγρά που δεν περιέχουν νάτριο σε βαθμό ώστε να διατηρείται ο εξωκυττάριος όγκος πριν την άσκηση ή σε βαθμό ώστε να αυξάνεται ο εξωκυττάριος όγκος σε σχέση με αυτόν πριν την άσκηση, τότε υπάρχει διαλυτική υπονατριαιμία. Εναλλακτικά, είναι επίσης πιθανό να υπάρχει διαλυτική υπονατριαιμία, λόγω υπερπλήρωσης υγρών και σημαντικής αύξησης του εξωκυτταρίου όγκου υγρών, ακόμα και εάν οι απώλειες νατρίου (διούρηση και εφίδρωση) είναι περιορισμένες. Ωστόσο, για να συντηρηθεί σε υψηλά επίπεδα ο όγκος των εξωκυτταρίων υγρών, πρέπει να υπάρχει κάποια παθοφυσιολογική αιτιολογία, καθώς η περίσσεια του όγκου θα έπρεπε να έχει αποβληθεί λαμβάνοντας υπόψιν και ότι η συγκέντρωση νατρίου στα εξωκυττάρια υγρά είναι αυτή που καθορίζει τον όγκο των εξωκυτταρίων υγρών. Συμπερασματικά, υπονοείται από το συγγραφέα του άρθρου υποβόσκουσα δυσλειτουργία σε νεφρικό επίπεδο.

Η υπερβολική πρόσληψη υγρών αποτελεί την πρωταρχική αιτία της εμφάνισης αθλητικής υπονατριαιμίας κατά την Weschler [33]. Φαίνεται ότι όσο παραπάνω βάρος έχει προσλάβει ένας αθλητής μετά το τέλος ενός αθλητικού γεγονότος τόσο μικρότερη θα είναι η συγκέντρωση νατρίου πλάσματος του αθλητή μετά το τέλος του αγώνα. Επιπλέον, εάν ο αθλητής διατηρήσει το βάρος του μετά το τέλος του αγώνα φαίνεται ότι υπάρχει τάση να έχει μειωμένη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος. Τέλος, όσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα τόσο μικρότερη θα είναι η συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μετά το τέλος του

αγώνα. Ενώ όμως η υπερβολική πρόσληψη υγρών αποτελεί την κύρια αιτιολογία της αθλητικής υπονατριαιμίας, οι απώλειες νατρίου και καλίου δεν πρέπει να παραγνωρίζονται σαν αιτιολογικός παράγοντας ειδικά σε γεγονότα μεγαλύτερης διάρκειας σε ζεστό κλίμα. Απώλεια βάρους σε συνδυασμό με υπονατριαιμία, έχει παρατηρηθεί σε γεγονότα μεγάλης διάρκειας. Ιδιαίτερης προσοχής χρήζουν οι αθλητές που τείνουν να εμφανίζουν υψηλούς ρυθμούς εφίδρωσης σε συνδυασμό με αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τη Weschler [33], οι αθλητές τείνουν να υπερυδατώνονται πριν από κάποιο σημαντικό αθλητικό γεγονός. Προαγωνιστική πρόσληψη νερού της τάξεως των 2 λίτρων αρκεί για να μειώσει τα επίπεδα νατρίου του πλάσματος σε 132,6 mmol/l, με αποτέλεσμα ο αθλητής να ξεκινά ήδη τον αγώνα όντας υπονατριαιμικός και αυξάνεται έτσι ο κίνδυνος για επιδείνωση της υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η μεταγωνιστική απότομη υπερυδάτωση μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση υπονατριαιμίας μετά τη λήξη ενός αθλητικού γεγονότος, ειδικά σε αθλητές που ολοκληρώνουν τον αγώνα τόσο αφυδατωμένοι όσο και υπονατριαιμικοί. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι εάν ένας αθλητής καταναλώσει και κατακρατήσει 2 λίτρα νερού μετά την άσκηση, η συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μπορεί να μειωθεί σε 133,5 mmol/l, υποθέτοντας ότι ο αθλητής ολοκληρώνει τον αγώνα με συγκέντρωση νατρίου [Na] ίση με 141,8 mmol/l. Τέλος, ένας ακόμη κίνδυνος μετασκησιακής εμφάνισης υπονατριαιμίας αποτελεί η παρουσία υγρών στο στομάχι ή στο έντερο που δεν έχουν απορροφηθεί, καθώς όταν ολοκληρωθεί η απορρόφηση τα επίπεδα νατρίου πλάσματος θα μειωθούν περαιτέρω.

Σύμφωνα με δημοσίευση των Levine et al [67], η σχετική συνεισφορά των απωλειών νατρίου διαμέσου του ιδρώτα και της υπερυδάτωσης στην εμφάνιση της υπονατριαιμίας δε μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα και ποικίλει ανάλογα με τον τύπο και τη διάρκεια της άσκησης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το ρυθμό εφίδρωσης και το ρυθμό αποβολής νατρίου διαμέσου του ιδρώτα, καθώς και από το ρυθμό αναπλήρωσης των απωλειών σε υγρά, παράμετροι που μπορεί να εμφανίζουν σημαντικές διατομικές διαφορές.

Σύμφωνα με τους Levine et al [67], είναι ξεκάθαρο ότι οι ορμονικοί και οι νεφρικοί μηχανισμοί που εξισορροπούν την υπερβολική πρόσληψη υγρών, επάγουν φυσιολογικές αποκρίσεις, ωστόσο αυτές μπορεί να υπερκαλυφθούν από τη διάλυση που επέρχεται με την υπερκατανάλωση νερού, καθώς και από πιθανή μείωση της νεφρικής αιμάτωσης και της πειραματικής διήθησης κατά την άσκηση.

Επιπρόσθετα, το άρθρο επισημαίνει ότι τα διαθέσιμα αθλητικά ποτά δεν αποτελούν προστατευτικό παράγοντα στην εμφάνιση της υπονατριαιμίας. Τα περισσότερα από αυτά είναι υποτονικά και παρέχουν μεγάλη ποσότητα νερού, σε αντιδιαστολή με τη μικρή περιεκτικότητα τους σε νάτριο. Παρομοίως, η ενδοφλέβια έγχυση μεγάλου όγκου υποτονικών διαλυμάτων, σε αθλητές που κατέρρευσαν κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την άσκηση, χωρίς πρώτα να έχει μετρηθεί η [Na] στο αίμα, μπορεί να επιτείνει τη διάλυση και να θέσει σε σοβαρό κίνδυνο την υγεία του αθλητή. Το άρθρο ολοκληρώνεται με το συμπέρασμα ότι οι συστάσεις για πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, πρέπει να επαναδιατυπωθούν με έμφαση σε προτεινόμενη χαμηλή κατανάλωση υγρών ειδικότερα από τους αργούς αθλητές, που εμφανίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο εκδήλωσης υπονατριαιμίας λόγω πολύ υψηλότερης κατανάλωσης υγρών συγκριτικά με τις δεδομένες αγωνιστικές απώλειες.

Μια προσέγγιση της αιτιολογίας εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα με έμφαση σε ορμονικά ζητήματα βρίσκεται σε δημοσίευση των Hsieh et al [68]. Η ορμονική ρύθμιση της ισορροπίας υγρών και ηλεκτρολυτών εμπεριέχει μια σειρά περίπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της αγγειοπρεσίνης της αργινίνης (αντιδιουρητική ορμόνη-ADH), του κολπικού νατριουρετικού πεπτιδίου (ANP), της αλδοστερόνης και του συστήματος ρενίνης-αγγειοτενσίνης. Οι σχετικές αναφορές για ορμονικές ανωμαλίες έχουν επικεντρωθεί στην ADH και στο ANP. Ανάρμοστη έκκριση της αγγειοπρεσίνης της αργινίνης (ADH) και η συνεπακόλουθη κατακράτηση υγρών έχουν συσχετισθεί κατά το παρελθόν με την παθογένεση της EAH[15, 17, 52, 69], αφού παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα της κατά την άσκηση παρατεταμένης διάρκειας[70]. Ωστόσο, οι παρατηρήσεις των Speedy et al, στα επίπεδα της ADH αμέσως μετά το τέλος παρατεταμένης διάρκειας άσκησης δεν υποστηρίζει τη θεωρία αυτή[23, 25]. Σποραδικές αναφορές για αυξημένα επίπεδα ANP κατά την άσκηση, παρέχουν έναν εναλλακτικό μηχανισμό στην παθογένεση της υπονατριαιμίας[64, 70-72], παρότι αναφορές για το αντίθετο επίσης υπάρχουν [73]. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα φυσιολογικά αυξημένα επίπεδα αλδοστερόνης και ρενίνης κατά την άσκηση ως απάντηση στις απώλειες νατρίου λόγω της φυσικής δραστηριότητας [70, 71].

Η μειωμένη και μη φυσιολογική λειτουργικότητα των νεφρώνων κατά την άσκηση πιθανώς να παίζει ρόλο στην δημιουργία της EAH. Οι διάφορες έρευνες σχετικά με την EAH έχουν να επιδείξουν ένα ευρύ φάσμα νεφρικών δυσλειτουργιών κατά την άσκηση μεταξύ των οποίων είναι η μειωμένη νεφρική αιμάτωση, ο

μειωμένος ρυθμός σπειραματικής διήθησης και ο νεφρικός παρεγχυματικός τραυματισμός [70, 72, 74].

Ωστόσο, η ΕΑΗ μπορεί να εμφανιστεί απουσία ορμονικών και νεφρικών δυσλειτουργιών [16], οδηγώντας μας στο συμπέρασμα ότι η υπερβολική πρόσληψη υποτονικών υγρών μπορεί να υπερκαλύψει την ικανότητα του ανθρώπινου σώματος να αποβάλει την περίσσεια αραιωμένου υγρού. Εναλλακτικά, η περίσσεια υγρών μπορεί να είναι απομονωμένη στο διάμεσο χώρο ή ενδοκυττάρια, αόρατη στην ορμονική και νεφρική ρύθμιση [16, 18].

Με δεδομένη την εκπληκτική ικανότητα του ανθρώπινου σώματος να διατηρεί την ομοιόσταση των ηλεκτρολυτών και των υγρών, η ανάπτυξη της ΕΑΗ μάλλον εμπλέκει πολλούς μηχανισμούς. Η πλειοψηφία των ενδείξεων μέχρι αυτή τη στιγμή καταδεικνύει ότι η υπερυδάτωση περιγράφει με ακρίβεια την κατάσταση των περισσότερων υπονατριαιμικών αθλητών. Οι ακριβείς μηχανισμοί που ευθύνονται για την ανικανότητα του σώματος να απεκκρίνει την περίσσεια ελεύθερου νερού πρέπει να διαλευκανθούν, ενώ οι Speedy et al, υποστηρίζουν ότι όποιοι και αν είναι οι υπεύθυνοι μηχανισμοί, αυτοί δεν είναι μόνιμοι, αλλά είναι ανεξάρτητοι σε κάθε διαφορετικό αθλητικό γεγονός ακόμα και για το ίδιο άτομο[45].

Συνοψίζοντας, ο κυριότερος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας είναι η πρόσληψη υγρών σε υπερβολή σε σχέση με το ρυθμό εφίδρωσης και το ρυθμό νεφρικής απέκκρισης. Η συνεισφορά όμως, των απωλειών νατρίου διαμέσου του ιδρώτα στην εμφάνιση της υπονατριαιμίας δεν πρέπει να αγνοείται. Αθλητές που εκκρίνουν ιδρώτα με υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο μπορούν να ανεχθούν μικρότερη υπερκατανάλωση υγρών πριν εμφανίσουν υπονατριαιμία. Η αδυναμία των νεφρών να απεκκρίνουν την περίσσεια υγρών που προσλαμβάνονται δε φαίνεται να οφείλεται σε ανάρμοστες ορμονικές συγκεντρώσεις (ή μπορεί να οφείλεται σε συγκεντρώσεις ορμονών που δεν έχουν εξεταστεί), αλλά περισσότερο στη μειωμένη νεφρική αιμάτωση, ενώ τα άτομα που εμφανίζουν υπονατριαιμία δε φαίνεται να είναι προδιατεθειμένα στη συγκεκριμένη επιπλοκή.

1.6 Παράγοντες κινδύνου εμφάνισης αθλητικής υπονατριαιμίας

Η παρουσία ενός παράγοντα κινδύνου συσχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά εμφάνισης αθλητικής υπονατριαιμίας, χωρίς όμως ο παράγοντας κινδύνου να αποτελεί την αιτιολογία εμφάνισης υπονατριαιμίας. Είναι πιθανό αυτοί οι παράγοντες

να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και σε κάποιες περιπτώσεις να μην έχουν ανεξάρτητη σχέση με την ΕΑΗ.

- 1) Χαμηλό σωματικό βάρος [25, 39, 75]
- 2) Θηλυκό φύλο [24, 31, 35, 38, 39, 57, 75]
- 3) Διάρκεια άσκησης μεγαλύτερη ή ίση με 4 ώρες [4, 5, 14-16, 19, 21-23, 26, 27, 39, 44, 47, 49, 52, 75-78]
- 4) Αργός ρυθμός τρεξίματος ή σχετικά χαμηλή επίδοση [14, 31, 38, 39]
- 5) Απειρία αγώνων [31, 47]
- 6) Υπερβολική κατανάλωση υγρών [4, 14, 31, 38, 39, 79]
- 7) Υψηλή διαθεσιμότητα πόσιμων υγρών [31]
- 8) Διαταραγμένη νεφρική ικανότητα απέκκρισης νερού (κυρίως από φαρμακευτική αγωγή, όπως οι μη στεροειδείς αντιφλεγμονώδεις παράγοντες [15, 27, 35, 38], νεφροπάθεια ή SIADH-σύνδρομο ανάρμοστης έκκρισης αντιδιουρητικής ορμόνης)
- 9) Υπερβολικά ζεστές [4, 48, 51, 52, 57, 79] ή κρύες περιβαλλοντικές συνθήκες [75].

Σε μια πολυπαραγοντική ανάλυση, η εμφάνιση υπονατριαιμίας συσχετίστηκε με πρόσληψη βάρους, χρόνο κούρσας > 4 h, και υπερβολικά χαμηλό δείκτη μάζας σώματος (BMI) [39].

Αντιθέτως, η χαμηλή πρόσληψη νατρίου από εθελούσια αποφυγή αθλητικών ποτών, συμπληρωμάτων νατρίου και αλατισμένων σνακς, δε φάνηκε να αποτελεί παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα διάρκειας < 24 h [11, 80].

Τα δημοσιευμένα δεδομένα αναφορικά με το γονότυπο της κυστικής ίνωσης δεν οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα [81-84], με ένα μόνο καταγεγραμμένο περιστατικό σε ένα νεοσύλλεκτο του οποίου η πρόσληψη νερού ήταν υψηλή [85]. Περαιτέρω αξιολόγηση πρέπει να πραγματοποιείται πριν αποκλειστούν ή επιβεβαιωθούν αυτές οι μεταβλητές από παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση αθλητικής υπονατριαιμίας.

1.6.1 Χαμηλό σωματικό βάρος

Σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση των Almond et al, 2005 [39] οι υψηλοί και χαμηλοί σε σχέση με το φυσιολογικό, δείκτες μάζας σώματος συσχετίστηκαν με την εμφάνιση υπονατριαιμίας στο Μαραθώνιο της Βοστώνης. Η υπονατριαιμία συσχετίζεται με τους χαμηλούς δείκτες μάζας σώματος αθλητών, καθώς οι αθλητές

με χαμηλότερο σωματικό βάρος είναι πιθανόν να καταναλώνουν μεγαλύτερους όγκους υγρών σε αναλογία με το σωματικό τους μέγεθος σε σύγκριση με τους αθλητές με μεγαλύτερη σωματική μάζα. Αντιστρόφως, σε αναλογία με το μέγεθος τους οι αθλητές με μεγαλύτερη σωματική μάζα πιθανώς αποβάλουν λιγότερο ελεύθερο νερό μέσω της εφίδρωσης, ως αποτέλεσμα χαμηλότερου λόγου επιφάνειας προς όγκο. Σύμφωνα με τους Speedy et al, 2000 [25] οι αθλητές τριάθλου μεγάλης απόστασης που εμφάνισαν υπονατριαιμία είχαν μέσο σωματικό βάρος 62,5 kg, ενώ το control group είχε μέσο σωματικό βάρος 72 kg. Το χαμηλό βάρος φαίνεται να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εμφάνισης υπονατριαιμίας σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση, κυρίως λόγω του ότι οι αθλητές με χαμηλό σωματικό βάρος απαιτούν μικρότερη υπερκατανάλωση υγρών για να αραιώσουν τα επίπεδα νατρίου τους λόγω του χαμηλότερου όγκου σωματικών υγρών, ενώ επιπλέον οι απώλειες λόγω εφίδρωσης είναι μικρότερες λόγω της μικρότερης επιφάνειας διαθέσιμης προς εξάτμιση του ιδρώτα. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται για την επιβεβαίωση της υπόθεσης ότι το χαμηλό σωματικό βάρος αποτελεί παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας.

1.6.2 Θηλυκό φύλο

Σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση των Almond et al, 2005 [39] υπονατριαιμία αναπτύχθηκε σε περισσότερες γυναίκες δρομείς και σε λιγότερους άνδρες, ωστόσο η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική μετά από προσαρμογή με τους δείκτες μάζας σώματος, το χρόνο τερματισμού και την αλλαγή στο σωματικό βάρος. Οι γυναίκες αθλήτριες παραμένουν ένας πληθυσμός με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας και τα επιστημονικά δεδομένα προτείνουν ότι αυτό συμβαίνει λόγω μικρότερης σωματικής μάζας και λόγω μεγαλύτερου χρόνου τερματισμού, και όχι λόγω του φύλου καθαυτού. Οι Davis et al, 2001 [38], προτείνουν ότι οι γυναίκες αθλήτριες είναι πιο επιρρεπείς στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας και επιπλέον ενδέχεται να εμφανίσουν περισσότερα και δριμύτερα κλινικά συμπτώματα για παρόμοια επίπεδα νατρίου σε σχέση με τους άνδρες. Η πιθανή εξήγηση συμπεριλαμβάνει τη συμπεριφοριστική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών, καθώς οι γυναίκες ίσως τείνουν να υιοθετούν αυστηρότερα τις συστάσεις για επανυδάτωση σε παρατεταμένα αθλήματα, και επιπρόσθετα την επίδραση των οιστρογόνων στην ωσμωτική ρύθμιση των υγρών σώματος. Στη μελέτη των Hew et

al, 2003 [31], 5 στις 1000 γυναίκες που συμμετείχαν εμφάνισαν υπονατριαιμία, ενώ 4 στους 1000 άνδρες δρομείς εμφάνισαν το ίδιο πρόβλημα. Συνεπώς, φαίνεται ότι υπάρχει μικρή τάση των γυναικών να αναπτύσσουν υπονατριαιμία ευκολότερα από τους άνδρες αθλητές. Επιπλέον οι 2 πιο σοβαρές κλινικές περιπτώσεις υπονατριαιμίας στη συγκεκριμένη μελέτη εμφανίστηκαν σε γυναίκες. Οι Ayus et al, [35] συμπέραναν σε πρόσφατη μετανάλυση τους ότι οι γυναίκες και οι άνδρες έχουν τις ίδιες πιθανότητες ανάπτυξης υπονατριαιμίας, ωστόσο όταν αναπτύσσεται υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια οι γυναίκες με εμμηνορροϊκό κύκλο έχουν 25 φορές μεγαλύτερες πιθανότητες να πεθάνουν ή να αποκτήσουν μόνιμη εγκεφαλική βλάβη [86]. Η παραπάνω πρόταση εξηγεί γιατί μια πλειοψηφία περιστατικών υπονατριαιμίας αναφέρεται σε δυσανάλογα μεγάλο αριθμό γυναικών αθλητριών, παρότι χαμηλά επίπεδα νατρίου έχουν καταγραφεί και στα δύο φύλα, καταδεικνύοντας πιθανή ορμονική αιτιολογία. Το μικρότερο σωματικό μέγεθος των γυναικών που εφαρμόζουν συστάσεις αναπλήρωσης υγρών που αφορούν άνδρες βάρους 70 kg, η τάση των γυναικών να εφαρμόζουν πιο αυστηρά αυτές τις συστάσεις, καθώς και το γεγονός ότι οι γυναίκες γενικά ολοκληρώνουν τα αθλητικά γεγονότα σε μεγαλύτερο χρόνο σε σύγκριση με τους άνδρες, εξηγεί γιατί οι γυναίκες έχουν την τάση να εμφανίζονται ευάλωτες στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας. Τις παραπάνω υποθέσεις επιβεβαιώνει και δημοσίευση των Speedy et al, 1999 [24], όπου οι γυναίκες εμφανίστηκαν να έχουν αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης συμπτωματικής υπονατριαιμίας σε τρίαθλο παρατεταμένης διάρκειας, πιθανώς λόγω της αυξημένης πιθανότητας συντήρησης ή πρόσληψης βάρους σε σχέση με το προαγωνιστικό βάρος. Από την πλειοψηφία των μελετών φαίνεται ότι οι γυναίκες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο για εμφάνιση υπονατριαιμίας σε σχέση με τους άνδρες, κυρίως όμως λόγω του υψηλότερων χρόνων τερματισμού, της χαμηλότερης σωματικής τους μάζας και την τάση τους να εφαρμόζουν αυστηρότερα τις συστάσεις περί αναπλήρωσης υγρών, καθιστώντας αυτούς πιο επιρρεπείς σε υπερυδατώσεις και όχι λόγω του φύλου αυτού, καθαυτού.

1.6.3 Διάρκεια άσκησης μεγαλύτερη ή ίση με 4 ώρες

Σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση των Almond et al, 2005 [39] οι αθλητές που τερμάτιζαν το μαραθώνιο της Βοστώνης σε πάνω από 4 ώρες είχαν κατά 7.4 φορές περισσότερες πιθανότητες εμφάνισης υπονατριαιμίας σε σχέση με τους αθλητές

που ολοκληρώναν το μαραθώνιο σε λιγότερες από 3 ώρες και 30 λεπτά. Οι Hew et al, 2003, [31] παρατήρησαν σε μελέτη σε μαραθώνιο αγώνα ότι οι αθλητές με χρόνο τερματισμού πάνω από 4 ώρες αι 20 λεπτά είχαν μέση [Na] ίση με 133.6 mmol/l. Σύμφωνα με τους Davis et al, 2001[38, 87] κανένας από τους υπονατριαιμικούς αθλητές δεν ολοκλήρωσε τον αγώνα σε λιγότερο από 4 ώρες, αντίθετα με το 16% του συνολικού πληθυσμού που είχε χρόνο τερματισμού κάτω από 4 ώρες. Συνεπώς, ο χρόνος τερματισμού πάνω από 4 ώρες μπορεί να τεθεί σαν ένα χρονικό όριο πάνω από το οποίο ο κίνδυνος υπονατριαιμίας αυξάνεται, χωρίς όμως αυστηρότητα, καθώς σε τουλάχιστον 2 περιπτώσεις έχει εμφανιστεί υπονατριαιμία σε χρόνους τερματισμού κάτω από 4 ώρες [2, 88]

1.6.4 Αργός Ρυθμός Αγώνα ή χαμηλή επίδοση

Σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση των Almond et al, 2005 [39] οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία στο μαραθώνιο της Βοστώνης εμφάνιζαν χαμηλότερο ρυθμό τρεξίματος τόσο στην προπόνηση τους, όσο και στο μαραθώνιο. Οι Hew et al, το 2003 [31] παρατήρησαν σε αθλητές μαραθωνίου ισχυρή αρνητική συσχέτιση ($r^2=0.51$) μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου πλάσματος των αθλητών και του χρόνου τερματισμού των αθλητών, ενώ παρόμοια συσχέτιση παρουσιάζεται και σε δημοσίευση των Davis et al, 2001[38]. Οι Noakes et al, μόλις από το 1985 [14], υπέθεσαν ότι οι πιο αργοί δρομείς διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας από τους αθλητές υψηλού επιπέδου καθώς οι αργοί αθλητές εμφανίζουν χαμηλότερη μεταβολική παραγωγή θερμότητας και άρα μικρότερες ποσότητες ιδρώτα, ενώ μπορεί να εκδηλώσουν ηπιότερη ναυτία και μικρότερη αναστολή της γαστρικής κένωσης και συμπερασματικά είναι περισσότερο επιρρεπής στην υπερκατανάλωση και απορρόφηση μεγάλου όγκου υγρών κατά την άσκηση. Επιπλέον, οι αργοί αθλητές τρέχουν για περισσότερη ώρα και άρα, εάν ενθαρρύνονται να καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες υγρών παρόμοιες με αυτές που καταναλώνουν οι γρήγοροι αθλητές (π.χ. 1 l/h), τότε στη λήξη του αγώνα θα εμφανίσουν σημαντική υπερυδάτωση. Συνεπώς, ο αργός ρυθμός τρεξίματος μπορεί να θεωρηθεί παράγοντας κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας.

1.6.5. Απειρία αγώνων

Δύο μελέτες στο παρελθόν επιχείρησαν να συσχετίσουν την απειρία σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας με τον κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας. Οι μελέτες αυτές διεξήχθησαν από τους Hew et al, 2003 [31] και τους Young et al, 1987[47]. Στις παραπάνω δημοσιεύσεις παρατηρήθηκε τάση των άπειρων αθλητών να αναπτύσσουν υπονατριαιμία χωρίς τα αποτελέσματα να είναι στατιστικά σημαντικά. Στη μελέτη από τους Hew et al[31], οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία έτρεχαν λιγότερα χρόνια, προπονήθηκαν για το συγκεκριμένο μαραθώνιο μικρότερο χρονικό διάστημα, είχαν ολοκληρώσει λιγότερους μαραθωνίους στο παρελθόν, ο πιο παρατεταμένης διάρκειας αγώνας τους πριν από το μαραθώνιο ήταν μικρότερης αποστάσεως, ενώ είχαν διανύσει λιγότερα μίλια τις εβδομάδες αμέσως πριν από το μαραθώνιο, σε σχέση πάντα με τους αθλητές που δεν εμφάνισαν υπονατριαιμία. Συμπερασματικά, η απείρια σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας μπορεί να εκθέτει τους αθλητές σε αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας, λόγω προσαρμογών προπόνησης σε παρόμοιες αποστάσεις, χωρίς να υπάρχουν αδιάψευστες αποδείξεις.

1.6.6 Υπερβολική κατανάλωση υγρών

Ο παράγοντας κινδύνου της υπερκατανάλωσης υγρών είναι από τους πιο μελετημένους αναφορικά με την ανάπτυξη υπονατριαιμίας. Σε δημοσίευση των Almond et al, 2005[39], το 71% των υπονατριαιμικών αθλητών ολοκλήρωσαν τον αγώνα με μεγαλύτερο σωματικό βάρος σε σχέση με την έναρξη του αγώνα, ενώ από τους νορμονατριαιμικούς αθλητές μόλις το 29% ολοκλήρωσε με παραπάνω βάρος τον αγώνα. Οι αθλητές μάλιστα που ολοκλήρωσαν τον αγώνα με βάρος κατά 3-4.9 κιλά παραπάνω σε σχέση με την έναρξη της άσκησης εμφάνιζαν περίπου 70% πιθανότητα για ανάπτυξη υπονατριαιμίας σε σχέση με την πλειοψηφία των αθλητών που έχασαν από 0.1-1 kg και εμφάνιζαν κίνδυνο για εμφάνιση υπονατριαιμίας μόλις 7%. Σε μία από τις πρώτες δημοσιεύσεις στο θέμα της αθλητικής υπονατριαιμίας, οι Frizzell et al[4], 1986, σε δύο Case Reports συμπέραναν ότι κύριος αιτιολογικός παράγοντας της εμφάνισης υπονατριαιμίας ήταν η υπερβολική κατανάλωση υγρών. Οι δύο δοκιμαζόμενοι κατανάλωσαν από 20 και 24 λίτρα υγρών ο καθένας με τις αποβολές τους λόγω διούρησης και εφίδρωσης να υπολογίζονται από 16-19 λίτρα για τον καθένα,. Συμπερασματικά οι 2 αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα υπερυδατωμένοι.

Κατά τους Hew et al, 2003[31], οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία κατανάλωσαν κατά μέσο όρο περισσότερα υγρά (άνδρες 49 ποτήρια & γυναίκες 57 ποτήρια) σε σχέση με τους αθλητές που δεν εμφάνισαν υπονατριαιμία (άνδρες 28 ποτήρια & γυναίκες 31 ποτήρια). Τις αναφορές αυτές επιβεβαιώνει και δημοσίευση από τους Davis et al [38], 2001, σύμφωνα με την οποία η υπονατριαιμία προκαλείται από υπερπρόσληψη υποτονικών υγρών που σε συνδυασμό με τη μεταβολική παραγωγή νερού κατά την άσκηση οδηγεί σε υπερυδάτωση των αθλητών. Στην πρώτη βιβλιογραφική περιγραφή της αθλητικής υπονατριαιμίας από τους Noakes et al, 1985[14], οι συγγραφείς προτείνουν την υπερκατανάλωση υγρών σαν πιθανό μηχανισμό ανάπτυξης της υπονατριαιμίας, καθώς στα 4 περιστατικά που μελετώνται στο συγκεκριμένο άρθρο οι προσλήψεις υγρών ήταν πολύ υψηλότερες από αυτές που απαιτούνταν για να αναπληρωθούν οι απώλειες υγρών διαμέσου της διούρησης και της εφίδρωσης. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι η υπερβολική πρόσληψη υγρών είναι ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας, ιδιαίτερα της κλινικής υπονατριαιμίας με νευρολογικά συμπτώματα σοβαρής μορφής. Οι συστάσεις για αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια αθλήματος παρατεταμένης διάρκειας προτείνουν υψηλές προσλήψεις υγρών που πολλές φορές δεν αρμόζουν σε αργούς αθλητές, με χαμηλό σωματικό βάρος και χαμηλούς ρυθμούς εφίδρωσης. Η πιο σωστή τακτική επανυδάτωσης οφείλει να συνυπολογίζει διατομικές διαφορές και να έχει ως γνώμονα την ισορροπία μεταξύ των απωλειών και της κατανάλωσης υγρών κατά τη διάρκεια του αθλητικού γεγονότος.

1.6.7 Υψηλή διαθεσιμότητα Υγρών

Η υψηλή διαθεσιμότητα υγρών προς κατανάλωση εκθέτει τους αθλητές στον κυριότερο αιτιολογικό παράγοντα εμφάνισης υπονατριαιμίας, όπως αναλύθηκε παραπάνω, την υπερπρόσληψη υγρών. Από έρευνα των Hew et al [31], βγήκε το συμπέρασμα ότι οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία καταναλώνουν υγρά όσο περισσότερο μπορούσαν αγνοώντας την ύπαρξη ή την απουσία δίψας. Επιπλέον, οι Speedy et al [44], προτείνουν σαν τακτική μείωσης του επιπολασμού της υπονατριαιμίας σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας (συγκεκριμένα τρίαθλο) τη μείωση των σταθμών ανεφοδιασμού, καθώς η μείωση τους στη διοργάνωση Ironman Triathlon της Νέας Ζηλανδίας είχε σα συνέπεια τη μείωση των περιστατικών

υπονατριαιμίας από 25 το 1997 (σε 114 αθλητές που ζήτησαν ιατρική βοήθεια) σε 4 (σε 117 αθλητές που ζήτησα ιατρική βοήθεια) το 1998.

1.6.8 Διαταραγμένη Νεφρική ή Ορμονική Λειτουργία

Η συμπτωματική υπονατριαιμία που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια ή μετά το τέλος αθλητικών γεγονότων εμφανίζει διαλυτικό χαρακτήρα και έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό της πέρα από την υπερυδάτωση, την αδυναμία του οργανισμού του αθλητή να απεκκρίνει την περίσσεια υγρών. Η αδυναμία αυτή αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο διαταραγμένης νεφρικής ικανότητας απέκκρισης νερού του οργανισμού του αθλητή. Ο συμβιβασμός αυτός της νεφρικής λειτουργίας μπορεί να προέρχεται από φαρμακευτική αγωγή, όπως οι μη στεροειδείς αντιφλεγμονώδεις παράγοντες (NSAIDs) ή από νεφροπάθεια. Επιπρόσθετα, πιθανή ύπαρξη συνδρόμου ανάρμοστης έκκρισης αντιδιουρητικής ορμόνης (SIADH), μπορεί να προκαλέσει αδυναμία αποβολής της περίσσειας υγρών. Κάποιες μελέτες επιχείρησαν να συσχετίσουν την ύπαρξη των παραπάνω επιπλοκών με την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα[23, 27, 35, 38, 45].

Μία δημοσίευση που επιχείρησε να συσχετίσει το SIADH με την εμφάνιση υπονατριαιμίας είναι των Davis et al [38]. Η έκκριση της αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) ελέγχεται από απόκριση βασούποδοχέων σε μείωση του όγκου πλάσματος και από νευρικά ερεθισμάτων λόγω στρες και λόγω προσπάθειας κατά την άσκηση, εμποδίζοντας έτσι τα ούρα να απεκκριθούν, ανεξάρτητα από την εμφάνιση υπονατριαιμίας. Ανιχνεύσιμη ποσότητα ADH σε άτομα που εμφανίζουν υπονατριαιμία θα έπρεπε να θεωρηθεί μη φυσιολογική, όπως και η μειωμένη συγκέντρωση ANF (artial natriuretic factor), που μπορεί να συσχετίζεται με το SIADH. Ωστόσο, στο άρθρο δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για συσχέτιση μεταξύ αυξημένων επιπέδων ADH και μειωμένων επιπέδων ANF με την εμφάνιση υπονατριαιμίας. Από τη συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται ότι οι αθλητές που λαμβάνουν μη στεροειδείς αντιφλεγμονώδεις παράγοντες (NSAIDs), διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας. Την τελευταία υπόθεση επιβεβαιώνουν και οι Ayus et al, 2000[35], όπου αναφέρουν ότι η χρήση NSAIDs αναστέλλει την αποβολή υγρών και μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας. Σύμφωνα με τους Surgenor et al [27], η άσκηση προκαλεί έκκριση κατεχολαμινών οι οποίες επάγουν αγγειοσυστολή που αναστέλλει την αιμάτωση των νεφρών και

συνεπώς μειώνεται ο ρυθμός σπειραματικής διήθησης, ενώ το ίδιο αποτέλεσμα επιφέρουν και τα NSAIDs. Η έκκριση ADH κατά τον αγώνα επιδεινώνει την κατακράτηση υγρών και οι 3 αυτοί παράγοντες φαίνεται να προδιαθέτουν τους αθλητές στην υπονατριαιμία. Ωστόσο, οι Speedy et al [23] (2 Ultradistance Triathletes), δεν επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις αυτές, καθώς οι αθλητές με υπονατριαιμία στη μελέτη τους δεν εμφάνισαν ανάρμοστη έκκριση ADH ή αλδοστερόνης, αποκλείοντας την έκκριση αυτών των δύο ορμονών σαν προδιαθετικό παράγοντα εμφάνισης υπονατριαιμίας. Οι συγκεντρώσεις ορμονών καθώς και η νεφρική λειτουργία των αθλητών κατά την άσκηση είναι δύσκολα μετρήσιμα μεγέθη. Ο πιθανός ρόλος τους στην εμφάνιση υπονατριαιμίας δε μπορεί να αποκλειστεί, παρόλα αυτά, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του πεδίου αυτού. Τέλος, συνετό θα ήταν να αναφέρουμε ότι οι Speedy et al [45], σε δημοσίευσή τους το 2001, συμπεραίνουν ότι δεν υπάρχει μοναδικό μοντέλο μηχανισμού που να εξηγεί γιατί κάποιοι αθλητές εμφανίζουν υπονατριαιμία λόγω υπερυδάτωσης. Η ADH καθώς και η αλδοστερόνη δε φαίνεται να παίζουν ρόλο στην αδυναμία επαρκούς διούρησης για αποβολή της περίσσειας υγρών, αλλά πιθανώς να εμπλέκονται άλλες ορμόνες, των οποίων η ταυτότητα και η επίδραση δεν ήταν δυνατόν να αποκαλυφθεί μέχρι και σήμερα.

1.6.9 Υπερβολικά ζεστές ή κρύες περιβαλλοντικές συνθήκες

Μία μόνο έρευνα, από όσο γνωρίζω μελέτησε την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε συνθήκες ακραίου ψύχους [75]. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε αγώνα που διεξάγεται στην Αλάσκα. Οι αθλητές διαγωνίζονται σε χιονισμένα εδάφη στο σκι, την ποδηλασία και το τρέξιμο, σε απόσταση 161 km. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του αγώνα κυμαινόταν από -14 έως και -2 °C. Οι αθλητές εμφάνιζαν σημαντικά χαμηλότερη [Na] πλάσματος μετά το τέλος του αγώνα (140.8 ± 1.2 πριν και 138.4 ± 2.2 μετά), χωρίς όμως κάποιος αθλητής να εμφανίσει υπονατριαιμία. Η υπονατριαιμία προκλήθηκε από υπερκατανάλωση υγρών κατά των αγώνα που σε συνδυασμό με τη μειωμένη αποβολή υγρών λόγω μειωμένης εφίδρωσης, οδήγησε σε αύξηση των σωματικών υγρών και μείωση της [Na] πλάσματος.

Αντιθέτως, αρκετές είναι οι δημοσιεύσεις που έχουν ασχοληθεί με την εμφάνιση υπονατριαιμίας κάτω από πολύ ζεστές περιβαλλοντικές συνθήκες. Σε μία εξ' αυτών οι Armstrong et al, 1993[52], εξέτασαν την περίπτωση μιας υπονατριαιμίας

που εμφανίστηκε στους 41 °C με [Na] πλάσματος < 130 mmol/l, μετά από 4 ώρες μέτριας έντασης άσκησης λόγω υπερκατανάλωσης υγρών. Επιπλέον οι Hsieh et al [48], διεξήγαγαν έρευνα σε μαραθώνιο με περιβαλλοντική θερμοκρασία από 24-32 °C. Τρεις αθλητές εμφάνισαν υπονατριαιμία με [Na] πλάσματος από 122-129 mmol/l (5.6% των δοκιμαζομένων). Σε δημοσίευση των Frizzell et al [4], 2 δρομείς νοσηλεύτηκαν μετά από ολοκλήρωση αγώνων 80 και 100 km αντίστοιχα. Οι 2 αθλητές είχαν υπερκαταναλώσει υγρά κατά τη διάρκεια του αγώνα και τερμάτισαν όντας υπερυδατωμένοι κατά 1-8 λίτρα περίπου. Η περιβαλλοντική θερμοκρασία ήταν ασυνήθιστα για την εποχή υψηλή φτάνοντας τους 32 °C. Τέλος, σε δημοσίευση των Vrijens et al [2], σε θερμοκρασία 34 °C, η κατανάλωση καθαρού νερού (αντί για αθλητικά ποτά με περιεκτικότητα σε νάτριο), μείωσε τη [Na] πλάσματος των δοκιμαζομένων κατά περίπου 2.48 mmol/l μετά από 3 ώρες άσκησης στο 55% του VO_2max . Η βιβλιογραφία στο πεδίο της υπονατριαιμίας φαίνεται να υποστηρίζει τις πολύ ζεστές περιβαλλοντικές συνθήκες ως προδιαθετικό παράγοντα εμφάνισης υπονατριαιμίας. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι για την εμφάνιση κλινικής υπονατριαιμίας συνήθως απαιτείται υπερυδάτωση των αθλητών, η περιβαλλοντική ζέστη προδιαθέτει τους αθλητές να υπερκαταναλώσουν υγρά. Το αίσθημα της εξάντλησης που επάγεται από τη ζέστη προκαλεί οδηγεί συνήθως τους αθλητές στην υπερκατανάλωση δημιουργώντας τους εσφαλμένα την εντύπωση ότι αυτή η εξάντληση και η κόπωση προκαλείται από αφυδάτωση. Επιπλέον, εάν η σχετική υγρασία είναι σε υψηλά επίπεδα η εφίδρωση περιορίζεται λόγω μειωμένης εξάτμισης ιδρώτα και η κατάσταση υπερυδάτωσης των αθλητών επιδεινώνεται. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι ειδικά κάτω από ακραία ζεστές περιβαλλοντικές συνθήκες οι αθλητές πρέπει να συμβουλευονται να μην υπερκαταναλώνουν υγρά σε υπερβολή σε σχέση με τις απώλειες τους μέσω της διούρησης και της εφίδρωσης.

1.7 Αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας

Καθώς μέχρι το 2003 δεν υπήρχαν συστάσεις, που να αντικατοπτρίζουν τη φύση αθλημάτων παρατεταμένης διάρκειας, δημιουργήθηκε η ανάγκη για καταρτισμό ενός συνόλου συστάσεων με έμφαση στις θερμικές βλάβες και την υπονατριαιμία, τις κυριότερες επιπλοκές σε αθλήματα τέτοιας φύσεως. Οι συστάσεις αυτές προτείνουν τις ιδανικές στρατηγικές αναπλήρωσης υγρών.

Σύμφωνα με το Position Statement του ACSM σχετικά με την αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης από τον Noakes [89], η αποφυγή της υπονατριάμιας επιτυγχάνεται εάν οι αθλητές (κυρίως οι αργοί σε χρόνο τερματισμού) προσλαμβάνουν υγρά σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας και όχι με τη λογική όσο περισσότερο μπορώ, σε ποσότητες μεταξύ 400 και 800 ml/ h.

Οι συστάσεις του Position Statement συνοψίζονται στις εξής προτάσεις:

- 1) Απαιτείται μεγάλη προσοχή από το ιατρικό προσωπικό των αγώνων έτσι ώστε η διάγνωση να είναι σωστή και να ακολουθηθεί η κατάλληλη θεραπευτική αγωγή, χωρίς να επιδεινωθούν τα συμπτώματα της υπονατριάμιας.
- 2) Υπάρχουν μεγάλες διατομικές διαφορές στην ανεκτικότητα σε πρόσληψη υγρών κατά την άσκηση. Ο ιδανικός ρυθμός πρόσληψης υγρών εξαρτάται από πολλούς ατομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, ενώ δεν είναι σωστό, ούτε και ασφαλές να υπάρχουν συγκεκριμένες συστάσεις για όλους τους αθλητές.
- 3) Οι αθλητές πρέπει να έχουν σα στόχο την πρόσληψη 400-800 ml κατά τη διάρκεια της παρατεταμένης άσκησης. Οι υψηλότεροι ρυθμοί αρμόζουν στους πιο γρήγορους αθλητές και στους αθλητές με υψηλότερο σωματικό βάρος που αθλούνται σε ζεστό περιβάλλον, ενώ οι χαμηλότεροι ρυθμοί πρέπει να υιοθετούνται από τους πιο αργούς αθλητές που ανταγωνίζονται σε πιο κρύο περιβάλλον.
- 4) Κάθε αθλητής συστήνεται να καταρτίζει το ατομικό πρόγραμμα αναπλήρωσης υγρών κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, μετά από προσεκτική παρατήρηση και δοκιμαστική εφαρμογή σε προπονητικές συνθήκες, παρόμοιες με αυτές του πραγματικού αγώνα.

Σύμφωνα με τον Noakes [89], η έξαρση της εμφάνισης EAH, σχετίζεται με την αλλαγή στη φύση της συμμετοχής σε έναν μαραθώνιο ή σε ένα υπερμαραθώνιο αγώνα. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, η ανάπτυξη στην παγκόσμια κίνηση αθλητισμού επέφερε τη θεσμοθέτηση πολλών αγώνων παρατεταμένης διάρκειας στους οποίους μπορούσαν να λάβουν μέρος τόσο αθλητές υψηλού επιπέδου όσο και ερασιτέχνες αθλητές, με φτωχή πείρα σε παρόμοιας φύσεως αγώνες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο μέσος χρόνος τερματισμού του μαραθωνίου της Νέας Υόρκης του 2001 αυξήθηκε κατά 60 λεπτά, σε σχέση με το μέσο χρόνο τερματισμού το 1978. Συνεπώς, τα αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας πλημμύρισαν από ερασιτέχνες αθλητές, οι οποίοι είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση επιπλοκών σχετικές με θερμικές βλάβες και υπονατριάμια.

1.8 Στρατηγικές πρόληψης εμφάνισης υπονατριαιμίας

Η αποτροπή της υπονατριαιμίας προϋποθέτει την προσαρμογή των αθλητών σε κατάλληλο πλάνο αναπλήρωσης υγρών, κατά τη διάρκεια άσκησης παρατεταμένης διάρκειας. Πιο συγκεκριμένα, οφείλουν να αποφύγουν υπερκατανάλωση υγρών, καθώς αυτή όπως φαίνεται από την πλειοψηφία των επιστημονικών δεδομένων, μπορεί να προκαλέσει συμπτωματική υπονατριαιμία [4, 14, 31, 38, 39, 79]. Οι Noakes et al [17], πρότειναν ότι πρόσληψη υγρών 500 ml/ h είναι επαρκής για ερασιτέχνες αθλητές κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Ο Αυστραλιανός Αθλητιατρικός Σύλλογος προτείνει πρόσληψη υγρών μεταξύ 500 ml και 1000 ml/ h, ενώ ο Αμερικανικός Αθλητιατρικός Σύλλογος προτείνει πρόσληψη υγρών μεταξύ 600 και 1200 ml [90]. Μία από τις λίγες δημοσιευμένες μελέτες που προσπάθησαν να θεσπίσουν στρατηγική για την αποφυγή υπονατριαιμίας είναι αυτή των Speedy et al [44], όπου οι βασικές προτάσεις είναι οι εξής: 1) ενημέρωση αθλητών για τον αρμόζων ρυθμό αναπλήρωσης υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης και 2) μείωση της διαθεσιμότητας υγρών στους σταθμούς υποστήριξης. Η υιοθέτηση των 2 αυτών προτάσεων, η οποία εξετάστηκε σε μελέτη των Speedy et al [24], σε αγώνα τριάθλου επέφερε σημαντική μείωση στο ποσοστό των αθλητών που εμφάνισαν υπονατριαιμία και αναζήτησαν ιατρική βοήθεια από 24% σε 4%. Οι προτάσεις για χαμηλότερη κατανάλωση υγρών σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας έχουν υποστεί σφοδρή κριτική, λόγω πιθανών επιπλοκών στην θερμορύθμιση και στην πιθανή εμφάνιση αφυδάτωσης, ωστόσο οι υπάρχουσες συστάσεις από τον Αμερικανικό Αθλητιατρικό Σύλλογο αφορούν την αναπλήρωση υγρών σε γεγονότα μικρότερης διάρκειας [90]. Υπάρχουν 3 έρευνες που κατέγραψαν την πρόσληψη υγρών σε αγώνα παρατεταμένης διάρκειας: Fallon et al [91], όπου αναφέρεται μέση πρόσληψη υγρών 540 ml/h (100 km υπερμαραθώνιος), Rogers et al [20], όπου αναφέρεται πρόσληψη υγρών 737 ml/h (υπερτριάθλο, κανώ-ποδηλασία-τρέξιμο) και τέλος μελέτη από τους Speedy et al [46], όπου καταγράφηκε μέση πρόσληψη υγρών 716 ml/h (ironman τριάθλο). Όπως προτείνεται από τη βιβλιογραφία, ορισμένοι αθλητές εμφανίζουν υπονατριαιμία ακόμα και με μέτριες προσλήψεις υγρών [22, 24] και για τους αργούς αθλητές καθώς και για τις γυναίκες και τα άτομα με χαμηλή σωματική μάζα, οι συστάσεις για πρόσληψη υγρών πρέπει να περιορίζονται στο κατώτατο όριο (500 ml). Εξάλλου ήπια αφυδάτωση δε φαίνεται να επηρεάζει την αθλητική απόδοση και την υγεία των αθλητών.

Αναφορικά με την αναπλήρωση των απωλειών Na μέσω συμπληρώματος, πρόσφατη εργαστηριακή μελέτη έδειξε πως η πρόσληψη συμπληρώματος Na πιθανώς να μετριάξει την πτώση της συγκέντρωσης Na στο πλάσμα, συγκριτικά με την πρόσληψη καθαρού νερού [2]. Συνεπώς, έως ότου υπάρχουν αδιαμφισβήτητα επιστημονικά δεδομένα η σύσταση για κατανάλωση αθλητικών ποτών που περιέχουν Na σαν υγρό αναπλήρωσης ίσως ωφελήσει τους αθλητές σε σχέση με κατανάλωση νερού ή ποτού με χαμηλή ή μηδενική περιεκτικότητα σε Na [2, 44].

Οι Speedy et al [21, 22, 24, 44, 46], και οι Sharwood et al [41], παρατήρησαν ότι οι αθλητές που δεν έχαναν βάρος μετά από ένα αθλητικό γεγονός παρατεταμένης διάρκειας (> 10 ώρες) είχαν μέση συγκέντρωση νατρίου πλάσματος <140 mmol/ lt. Στην πραγματικότητα αθλητές οι οποίοι συντήρησαν το βάρος τους μετά από τέτοια αθλητικά γεγονότα βρέθηκαν με βιοχημική υπονατριαιμία (129 mmol/ lt < [Na] <134 mmol/ lt. Οι Glace et al [87], παρατήρησαν μια μείωση της συγκέντρωσης νατρίου αίματος από 143,9 mmol/ lt στα 140,2 mmol/lt σε αθλητές που συντήρησαν το βάρος τους σε έναν αγώνα 160 km. Το νερό που περιέχεται στο σύμπλεγμα του γλυκογόνου μπορεί κάλλιστα να αποτελεί τον έναν από τους τρεις παράγοντες που συνεισφέρουν στο φαινόμενο αυτό. Οι άλλοι δύο πιθανώς είναι η απώλεια καυσίμων ενέργειας που δεν έχουν αντικατασταθεί [88, 92] καθώς και η απώλεια διαθέσιμων προς ανταλλαγή νατρίου και καλίου [80]. Οι Speedy et al [46] συμπέραναν ότι οι αθλητές που συμμετέχουν σε έναν αγώνα τρίαθλου Ironman ξεκινούν να χάνουν νερό σώματος, μόνο αφού έχουν ήδη μια απώλεια της τάξεως του 2-3% σε σχέση με το προαγωνιστικό βάρος. Με άλλα λόγια ένας αθλητής που συμμετέχει σε αγώνα τέτοιας φύσεως θεωρείται αφυδατωμένος μόνο όταν έχει χάσει >2-3% του αρχικού του βάρους. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένας αθλητής ο οποίος συντήρησε το βάρος του μετά το τέλος ενός παρατεταμένου αγώνα (>10 ώρες), είναι πιθανόν να διαθέτει επίπεδα νατρίου πλάσματος στα χαμηλότερα φυσιολογικά όρια ή και να παρουσιάζει υπονατριαιμία [24, 75, 88](15, 22, 23) . Συνεπώς για αθλητικά γεγονότα παρόμοιας διάρκειας και έντασης με το τρίαθλο Ironman, ένας αθλητής θα ολοκληρώσει τον αγώνα χάνοντας περίπου 2,5% του αρχικού του βάρους χωρίς όμως να είναι αφυδατωμένος.

Η ΕΑΗ προκαλείται κυρίως από την υπερβολική πρόσληψη υγρών σε σχέση με την αποβολή υγρών διαμέσου του ιδρώτα και της διούρησης. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι οι αθλητές που συμμετέχουν σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας και ιδιαιτέρως αυτοί που παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας,

πρέπει να αποφεύγουν την υπερκατανάλωση υγρών [44, 93]. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στον ρυθμό εφίδρωσης και στη νεφρική ικανότητα απέκκρισης νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης, τόσο μεταξύ των διαφορετικών ατόμων όσο και στο ίδιο άτομο ανάλογα με τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες του κάθε αγώνα, συνεπώς δε μπορούν να υπάρχουν γενικές οδηγίες που να καλύπτουν το σύνολο των αθλητών. Το βασικό μέσο πρόληψης εμφάνισης της ΕΑΗ είναι η αποφυγή της κατακράτησης υπέρογκης ποσότητας νερού, όπως εκδηλώνεται μέσα από την πρόσληψη βάρους, κατά τη διάρκεια ή μετά το τέλος της άσκησης. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο μέθοδοι για να εξασφαλίσει ο αθλητής ότι δε θα προσλάβει βάρος κατά τη διάρκεια της άσκησης: 1) πρόσληψη υγρών μόνο σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας [89], 2) Εξατομικευμένος υπολογισμός απώλειας υγρών μέσου εφίδρωσης και διούρησης κατά τη διάρκεια ενός αγώνα παρατεταμένης διάρκειας και αποφυγή πρόσληψης ποσότητας υγρών μεγαλύτερων από τις υπολογισμένες απώλειες.

Δημοσιευμένες μελέτες δείχνουν ότι ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα συμβουλευτικής αθλητών αναφορικά με τους κίνδυνους υπερπρόσληψης υγρών, συνδυασμένο με περιορισμένη διαθεσιμότητα αθλητικών ποτών και νερού, συσχετίστηκαν με μείωση των περιστατικών ΕΑΗ χωρίς επιβλαβείς επιδράσεις από άλλες επιπλοκές που σχετίζονται με παρατεταμένη άσκηση [42, 44]. Πιο συγκεκριμένα σε ένα αγώνα τριάθλου Ironman, προτείνεται τοποθέτηση σταθμού ανεφοδιασμού κάθε 20 km στην ποδηλασία και κάθε 2.5 km στο τρέξιμο [44]. Επιπλέον, σε έναν αγώνα μαραθωνίου η τοποθέτηση σταθμού κάθε 5 km συσχετίστηκε με απουσία ΕΑΗ [93].

Σχετικά με τη χρήση συμπληρωμάτων νατρίου, δεν υπάρχουν επιστημονικές ενδείξεις που να στηρίζουν ότι αποτρέπουν την εμφάνιση ΕΑΗ [40, 43]. Επιπρόσθετα, δεν υπάρχουν αποδείξεις αναφορικά με την κατανάλωση αθλητικών υποτονικών υγρών που περιέχουν ηλεκτρολύτες και την παρεμπόδιση εμφάνισης ΕΑΗ σε αθλητές που καταναλώνουν σε υπερβολή [33, 80]. Ωστόσο, ορισμένες έρευνες προτείνουν ότι η πρόσληψη αθλητικών ποτών μπορεί να μειώσει τη σοβαρότητα της ΕΑΗ [78], χωρίς όμως να υποστηρίζεται ότι η ΕΑΗ μπορεί να αποτραπεί εάν υπάρχει δεδομένη υπερκατανάλωση τους.

Ενδιαφέρουσα προσέγγιση αναφορικά με την πρόληψη της εμφάνισης υπονατριάμιας σε αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας παρουσιάζεται σε άρθρο της Hsieh [68]. Η υπερεκτίμηση των αναγκών σε υγρά ενός αθλητή αποτελεί το βασικό παράγοντα υπερκατανάλωσης υγρών και εμφάνισης υπονατριάμιας σε

αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας. Οι συστάσεις από τους διάφορους αθλητρικούς και διατροφικούς συλλόγους επικεντρώνουν στην αποφυγή των συνεπειών της αφυδάτωσης και προτείνουν υψηλές καταναλώσεις υγρών αντικατάστασης, που πολλές φορές υπερβαίνουν τις πραγματικές ανάγκες των αθλητών και ειδικότερα των αργών αθλητών. Οι O'Brien et al, σημειώνουν ότι οι συστάσεις για προγραμματισμένη κατανάλωση υγρών προκαλούν συχνά υπονατριαιμία σε στρατιώτες λόγω υπερκατανάλωσης υγρών [50]. Οι Rogers et al, προτείνουν ότι οι αθλητές είναι σε θέση να ενυδατώνουν επαρκώς ενστικτωδώς τους εαυτούς τους κατά τη διάρκεια της άσκησης [20]. Είναι πλέον βέβαιο ότι κατανάλωση υγρών με ρυθμό 500 ml/h (ή και λιγότερο) αντιπροσωπεύει τις ανάγκες των αργών αθλητών σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας.

Συμπερασματικά, η ενημέρωση των αθλητών για ιδανικές στρατηγικές αναπλήρωσης υγρών και αποφυγή υπερκατανάλωσης σε συνδυασμό με μείωση της διαθεσιμότητας υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα αποτελούν ιδανικές στρατηγικές πρόληψης εμφάνισης υπονατριαιμίας. Κατανάλωση υγρών με ρυθμό 500 ml/h αποτελεί ιδανική σύσταση, ειδικότερα για τους αργούς αθλητές. Η κατάρτιση πλάνου αναπλήρωσης υγρών κατά τον αγώνα που θα συνυπολογίζει τις απώλειες υγρών μέσω εφίδρωσης και διούρησης από τους αθλητές καθώς και τη μεταβολική παραγωγή νερού, αποτελεί επίσης ιδανική στρατηγική. Κάθε αθλητής πρέπει να γνωρίζει ότι στόχος του είναι η ολοκλήρωση του αγώνα με 2-3% μικρότερο βάρος σε σχέση με την έναρξη του αγώνα.

1.9 Μπορεί η πρόσληψη αθλητικών ποτών να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας;

Υπάρχουν μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν ότι η πρόσληψη αθλητικών ποτών που περιέχουν ηλεκτρολύτες δεν αποτρέπει την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε άτομα που πίνουν υπερβολικά υγρά σε σχέση με τις απώλειες κατά τη διάρκεια του αγώνα [39, 46, 48, 57]. Αυτό συμβαίνει για 2 λόγους:

1) όλα τα αθλητικά ποτά παρέχουν νάτριο σε συγκέντρωση $[Na] < 135 \text{ mmol/l}$, συνεπώς προκαλούν διάλυση της $[Na]$ ορού εάν κατακρατούνται υγρά, 2) χορήγηση ισοτονικού ορού δεν αυξάνει τη $[Na]$ ορού σε υπονατριαιμικούς ασθενείς με σύνδρομο ανάρμοστης έκκρισης αντιδιουρητικής ορμόνης (SIADH) καθώς σε ασθενείς με φυσιολογικό ή μεγαλύτερο από το φυσιολογικό όγκο πλάσματος, το Na

θα απεκκριθεί από τα ούρα και μικρή ποσότητα θα κατακρατηθεί [1]. Η χορήγηση συμπληρώματος Na δεν επηρεάζει τη μετασκησιακή [Na] αίματος σε αθλητές που είτε χάνουν [43] ή συντηρούν το σωματικό τους βάρος [2, 80]. Ωστόσο, σε αθλητές που παίρνουν βάρος και εμφανίζουν ΕΑΗ λόγω υπερβολικής πρόσληψης υγρών, η συγκέντρωση Na πλάσματος διατηρείται σε ένα βαθμό εάν η συγκέντρωση νατρίου του υγρού που προσλαμβάνεται υπερβαίνει την ποσότητα που υπάρχει στα αθλητικά ποτά που είναι διαθέσιμα αυτή τη στιγμή ($>20 \text{ mmol/l}$) [78].

Οι Montain et al [54], υποστηρίζουν ότι η χρήση αθλητικών ποτών με ηλεκτρολύτες αντί για νερό ή ποτά χωρίς νάτριο, αποτελεί στρατηγική για καθυστέρηση της εμφάνισης υπονατριάμιας. Αυτή η στρατηγική προωθείται και από το Αμερικάνικο Κολλέγιο Αθλητικής για αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας[90]. Σύμφωνα με τους Montain et al [54], κάτω από συνθήκες όπου οι συγκεντρώσεις νατρίου στον ιδρώτα είναι υψηλές, η αναπλήρωση υγρών με αθλητικά ποτά καθυστερεί τη διάλυση του νατρίου στο πλάσμα και μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης υπονατριάμιας. Συνεπώς, υπάρχει πλεονέκτημα στην κατανάλωση ποτών και τροφίμων με περιεκτικότητα σε ηλεκτρολύτες σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας και η στρατηγική αυτή πρέπει να εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε άτομα που υποπτεύονται ότι ο ιδρώτας τους έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο. Επιπλέον η Hsieh προτείνει ότι η κατανάλωση αθλητικών ποτών με υδατάνθρακες και υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο, τόσο πριν όσο και μετά τη λήξη του αγώνα, μπορεί να βοηθήσουν στην αποφυγή υπονατριάμιας [68].

Τέλος, σύμφωνα με τη Weschler [33], η κατανάλωση αθλητικού ποτού με περιεκτικότητα σε νάτριο αποτελεί προστατευτικό παράγοντα απέναντι στην υπονατριάμια, καθώς καθυστερεί τη διάλυση του νατρίου στο πλάσμα, ωστόσο η προστασία που παρέχει μειώνεται όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες αθλητικού ποτού που καταναλώνονται σε ένα άθλημα παρατεταμένης διάρκειας, λόγω της υποτονικότητας των αθλητικών ποτών.

Η Rehner σε σχετική ανασκόπηση της προτείνει ότι τα αθλητικά ποτά θα έπρεπε να παρέχουν 30 έως 50 mmol νατρίου/l (ή 1.7 έως 2.9 g νατρίου/l), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο στόχος της πρόσληψης νατρίου διαμέσου της κατανάλωσης υγρών και να αποφεύγεται η εμφάνιση της υπονατριάμιας [53].

Συμπερασματικά, η κατανάλωση αθλητικού ποτού με νάτριο (ιδιαίτερα με υψηλή συγκέντρωση νατρίου, όπως Gatorade GHF) κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού γεγονότος αποτελεί στρατηγική αποτροπής εμφάνισης υπονατριάμιας,

καθυστερώντας τη διάλυση του νατρίου στο πλάσμα, ειδικά σε αθλητές με υψηλή συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα τους, ωστόσο ο προστατευτικός χαρακτήρας της κατανάλωσης αθλητικού ποτού μειώνεται όσο αυξάνεται η υπερκατανάλωση νερού και αθλητικών ποτών από τον αθλητή.

1.10 Πώς μπορεί η πρόσληψη ποτού και φαγητού κατά τον αγώνα να επηρεάσει την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας;

Αναπάντητο ερώτημα στη βιβλιογραφία της ΕΑΗ σε παρατεταμένης διάρκειας αθλήματα αποτελεί η πρόσληψη νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα και ο συσχετισμός της με την πιθανότητα εμφάνισης ΕΑΗ. Η προτεινόμενη πρόσληψη νατρίου σύμφωνα με τις οδηγίες του ACSM για αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας είναι 1-2 g/ h. Σύμφωνα με τους Glace et al [87], οι αθλητές που συμμετείχαν σε υπερμαραθώνιο 160 km προσέλαβαν μόλις 0,5 g/h νατρίου κατά τη διάρκεια της άσκησης, ωστόσο δεν υπήρχε διαφορά στην πρόσληψη νατρίου μεταξύ των ατόμων που εμφάνισαν νευρολογικές διαταραχές κατά τη διάρκεια του αγώνα και μεταξύ αυτών που δεν εμφάνισαν, αποτυγχάνοντας να αποδείξουν ότι μειωμένη πρόσληψη νατρίου κατά τη διάρκεια αγώνα παρατεταμένης διάρκειας σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο ΕΑΗ. Αντίθετα, οι Vrijens et al [2] παρουσίασαν αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία μειωμένη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μπορεί να προκληθεί από αντικατάσταση των απωλειών νατρίου διαμέσου του ιδρώτα αποκλειστικά με καθαρό νερό όταν οι απώλειες ιδρώτα είναι μεγάλες και μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας, ειδικά σε άτομα με μειωμένη παραγωγή ούρων κατά τον αγώνα. Στο συγκεκριμένο άρθρο προτείνεται συνεπώς, η κατανάλωση αθλητικών ποτών που περιέχουν νάτριο προς αντικατάσταση των απωλειών υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επιπλέον, σε δημοσίευση των Twerenbold et al [78], προτείνεται ότι η πιθανότητα εμφάνισης ΕΑΗ σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση μειώνεται σε αθλήτριες με χρήση αθλητικών ποτών με υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο για αναπλήρωση υγρών. Αθλητικό ποτό με νάτριο 680 mg/ l μείωσε το νάτριο πλάσματος μετά από 4 ώρες άσκησης κατά 2.5 mmol/ l, ενώ το καθαρό νερό κατά 6.2 mmol/ l. Σύμφωνα με τους Speedy et al [43], η χορήγηση συμπληρώματος νατρίου με τη μορφή ταμπλέτας (700 mg/h) επέφερε μικρότερες απώλειες βάρους μετά το τέλος του αγώνα (Ironman Triathlon), ωστόσο δε μπορούσε να πραγματοποιηθεί συσχέτιση με

εμφάνιση ΕΑΗ, καθώς κανένας από τους αθλητές της πειραματικής ομάδας δεν εμφάνισε υπονατριαιμία. Εξάλλου, οι αθλητές είχαν πρόσβαση σε αθλητικά ποτά με νάτριο και σε τρόφιμα με νάτριο, οπότε και οι αθλητές στους οποίους δε χορηγήθηκε το συμπλήρωμα πιθανώς να είχαν αυξημένη πρόσληψη νατρίου.

Τέλος, σύμφωνα με τους Montain et al [54], τα αθλητικά ποτά που περιέχουν νάτριο καθυστερούν την πτώση των επιπέδων νατρίου στο πλάσμα και την εμφάνιση ΕΑΗ.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι η υψηλή πρόσληψη νατρίου μέσω των υγρών αντικατάστασης κατά τη διάρκεια αγώνα παρατεταμένης διάρκειας πιθανώς μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης ΕΑΗ ή επιφέρει μικρότερες μειώσεις στη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος σε σχέση με αντικατάσταση των απωλειών υγρών με καθαρό νερό και μόνο. Η προτεινόμενη πρόσληψη νατρίου σε αγώνες διάρκειας πάνω από 1 ώρα είναι 0.5-0.7 g/l καταναλισκόμενων υγρών [90].

1.11 Τι είναι η Υπονατριαιμική Εγκεφαλοπάθεια (ECF) και ποια η αιτιολογία της;

Όπως προαναφέρθηκε, τα φυσιολογικά επίπεδα νατρίου θεωρούνται 135-145 mmol/l [1] και η υπονατριαιμία χαρακτηρίζεται από επίπεδα νατρίου χαμηλότερα από 135 mmol/l. Ωστόσο, η ακριβής αριθμητική τιμή έχει μικρή προβλεπτική αξία αναφορικά με το είδος και τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων. Για παράδειγμα μια γυναίκα με χαμηλά επίπεδα νατρίου 122 mmol/l, ως συνέπεια χρονίων διαιτητικών συνηθειών δεν έχει συμπτώματα [94], ενώ σε όλους τους αθλητές που ολοκληρώνουν ένα αθλητικό γεγονός με επίπεδα νατρίου κάτω από 128 mmol/l εμφανίζονται συμπτώματα εγκεφαλοπάθειας [32]. Επιπρόσθετα, αθλητές με νάτριο πλάσματος <110 mmol/l επέζησαν (συμπεριλαμβανομένου αθλητή με 87 mmol/l [34], ενώ αντίθετα αθλητές με νάτριο πλάσματος 117 mmol/l [35] και 122 mmol/l απεβίωσαν. Οι Noakes et al [32], παρατήρησαν ότι κανένας αθλητής που τερμάτισε το αθλητικό γεγονός που μελετήθηκε αφυδατωμένος και με επίπεδα νατρίου μεταξύ 128 mmol/l και 130 mmol/l δεν είχε συμπτώματα, ενώ αντιθέτως αθλητές με παρόμοια επίπεδα νατρίου είχαν συμπτώματα εγκεφαλοπάθειας όντας υπερυδατωμένοι. Το εμπειρικό συμπέρασμα είναι ότι στην υπονατριαιμία οξείας μορφής τα συμπτώματα εμφανίζονται σε υψηλότερα επίπεδα νατρίου σε σύγκριση με την υπονατριαιμία χρόνιας μορφής [62, 86, 95-98]. Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι

έως σήμερα σε κανέναν αφυδατωμένο αθλητή δεν έχουν εμφανιστεί συμπτώματα εγκεφαλοπάθειας [32].

Σε όλα τα περιστατικά εγκεφαλοπάθειας που έχουν εξεταστεί παρατηρήθηκε κυτταρική διόγκωση [35, 51, 86, 99]. Τα εγκεφαλικά κύτταρα ήταν διογκωμένα, καθώς νερό μετακινείται από τα υποωσμωτικά εγκεφαλικά υγρά. Καθώς ο εγκέφαλος βρίσκεται στον άκαμπτο σχηματισμό του κρανίου, μια αύξηση του όγκου των εγκεφαλικών κυττάρων λόγω ωσμωτικής μετακίνησης νερού προκαλεί την υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια.

1.12 Θεραπεία Υπονατριαιμίας

Οι ιατρικές εγκαταστάσεις πρώτων βοηθειών σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας πρέπει να διαθέτουν δυνατότητα μέτρησης της συγκέντρωσης Na πλάσματος, η οποία μέτρηση θα χρησιμοποιείται όταν ανιχνεύονται συμπτώματα υπονατριαιμίας, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα παρακάτω πρωτόκολλα θεραπείας υπονατριαιμίας έχουν διαμορφωθεί όπως αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία:

1. Ασυμπτωματική EAH: Ανιχνεύεται συνήθως μόνο σε άτομα που μετρούν τη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος [19, 39, 75]. Στα συγκεκριμένα άτομα η πρόσληψη υγρών περιορίζεται έως ότου υπάρξει έναρξη της διούρησης. Οι αθλητές συστήνεται να αναζητήσουν κλινική βοήθεια εάν κατά τη διάρκεια των επομένων ωρών εμφανίσουν συμπτώματα EAH, ενώ η ενδοφλέβια χορήγηση ορού επιδεινώνει το βαθμό υπονατριαιμίας και την υπερυδάτωση σε πολλές περιπτώσεις [1].
2. Συμπτωματική EAH (πριν τη μεταφορά σε κλινική): Πρέπει να αποφεύγεται η χορήγηση ισοτονικών ή υποτονικών υγρών. Χορήγηση οξυγόνου είναι απαραίτητη, ενώ η μεταφορά του αθλητή σε κλινική ενδείκνυται. Εάν το ιατρικό προσωπικό του αγώνα έχει εμπειρία σε περιστατικά υπονατριαιμίας, προτείνεται άμεση χορήγηση 100 ml διαλύματος 3% NaCl ώστε τα επίπεδα νατρίου πλάσματος να ανέβουν κατά 2-3 mmol/l [1].

Κατά τη Hsieh, η θεραπεία της υπονατριαιμίας εξαρτάται από τη σοβαρότητα και το είδος των συμπτωμάτων [68]. Σπάνια απαιτείται ενδοφλέβια χορήγηση υγρών σε υπονατριαιμικούς αθλητές καθώς συνήθως οι αθλητές αυτοί είναι υπερυδατωμένοι [13, 18]. Η χρήση υπερτονικής σαλίνης απαιτεί τον υπολογισμό της ανεπάρκειας νατρίου [55] και την αποφυγή της απότομης διόρθωσης των επιπέδων νατρίου που

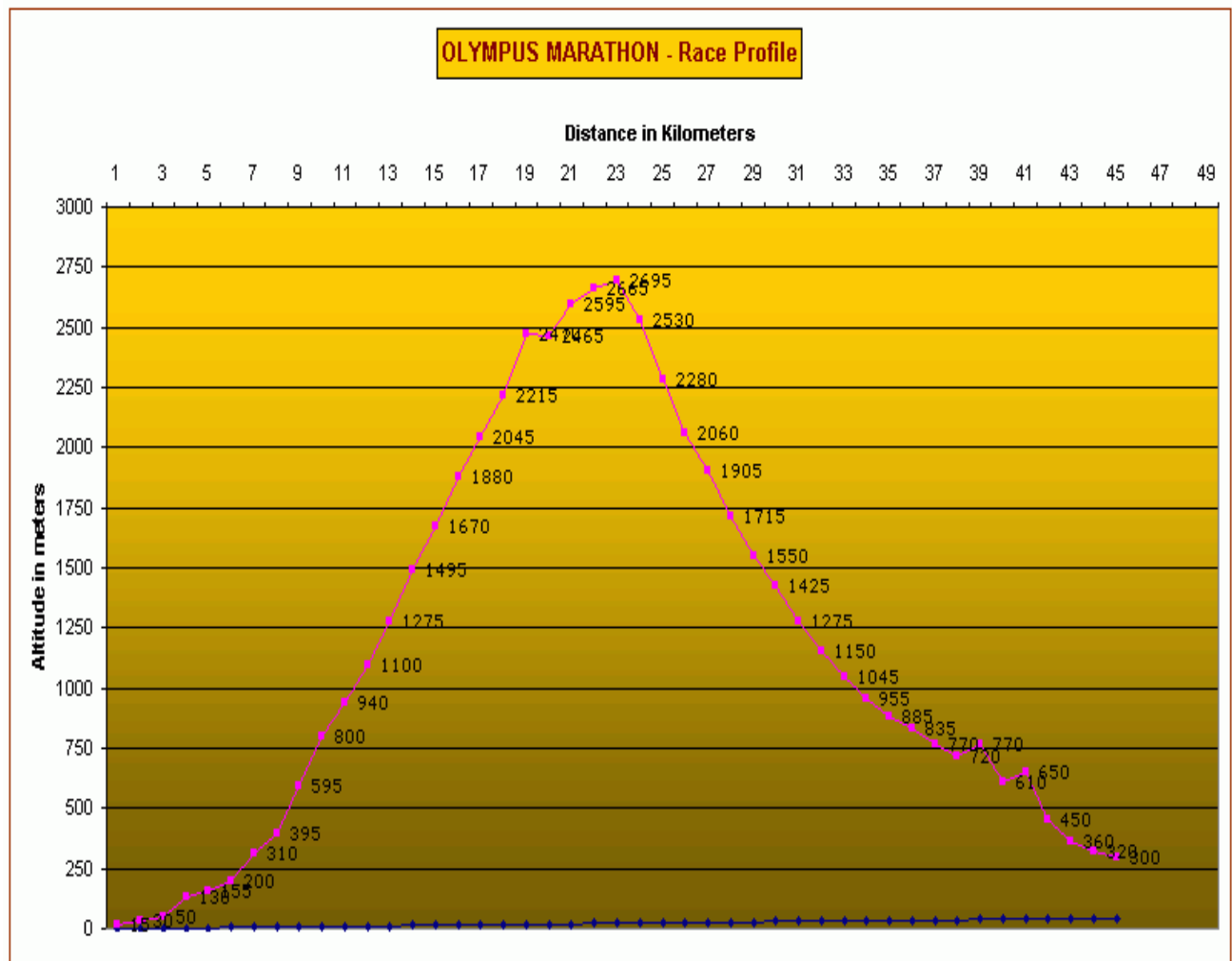
μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να προκαλέσει επιπλοκές. Τέλος, η χρήση διουρητικών και μανιτόλης δεν επιτρέπει την παρακολούθηση του ρυθμού διόρθωσης της υπονατριάμιας [68].

2. Μεθοδολογία

2.1 Γενικά Στοιχεία Μαραθωνίου Ολύμπου

Οι αθλητές που δήλωσαν συμμετοχή στον αγώνα του 2005 ήταν 182. Οι αθλητές καλούνταν να διανύσουν 43,7 km, ξεκινώντας από το Δίον (υψόμετρο 5 μέτρων), διαμέσου του αρχαίου μονοπατιού του Ολύμπου και καταλήγοντας στο κεντρικό πάρκο του Λιτοχώρου. Από τα 43,7 km της διαδρομής τα 36 βρίσκονταν σε μονοπάτι και τα 8 μόλις σε άσφαλο. Η συνολική υψομετρική διαφορά που θα κάλυπταν οι αθλητές έφτανε τα 5900 μέτρα. Το υψηλότερο σημείο της διαδρομής ήταν σε υψόμετρο 2780 μέτρων (σχήμα 1). Οι 12 σταθμοί ανεφοδιασμού βρίσκονταν ανά περίπου 3,5 km και ένας αθλητής ανάλογα με την επίδοση του θα μπορούσε να φτάνει σε κάθε σταθμό μετά από 25-60 λεπτά σε σχέση με την άφιξη του στον προηγούμενο.

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαινόταν από 15 °C (στο υψηλότερο σημείο της διαδρομής) έως και 34 °C. Η θερμοκρασία στην εκκίνηση (6:00 στο Δίον) ήταν 22 °C και στον τερματισμό του αγώνα (18:00 στο Λιτόχωρο) 29 °C . Η σχετική υγρασία λάμβανε τιμές από 50 έως 70%, ανάλογα με το υψόμετρο και τη χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 1: Υψόμετρο και χιλιομετρική απόσταση σε διάφορα σημεία του Μαραθωνίου του Ολύμπου

2.2 Συγκέντρωση δεδομένων πριν τον αγώνα

Την Κυριακή ο αγώνας ξεκινούσε στις 6:00 το πρωί και τελείωνε στις 18:00 το απόγευμα. Το Σάββατο τα μέλη παρέμεναν για αρκετές ώρες στο Registration Room όπου οι αθλητές ενημερώνονταν για τους σκοπούς της έρευνας μας, τα αποτελέσματα και τα προσωπικά οφέλη από την εθελοντική συμμετοχή τους στην έρευνα, καθώς και για τους κινδύνους εμφάνισης Υπονατριαίμιας κατά την άσκηση παρατεταμένης διάρκειας. Σημαντικό κίνητρο για τη συμμετοχή των αθλητών στην έρευνα μας αποτέλεσε η δέσμευση μας για ατομική διαδικτυακή αποστολή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που θα πραγματοποιούνταν στα πλαίσια της μελέτης. Οι αθλητές που δέχονταν να λάβουν μέρος στην έρευνα καλούνταν να δώσουν ένα

δείγμα αίματος και ένα ούρων, ενώ ζυγίζονταν σε ζυγαριά Seca ακρίβειας 100 γραμμαρίων, με ελαφρά ένδυση (σορτς και φανελάκι αγώνα, χωρίς υποδήματα)

2.3 Διαθεσιμότητα φαγητού και ποτών

Σε κάθε σημείο ανεφοδιασμού υπήρχαν 1-3 μέλη (ανάλογα με το ρυθμό προσέλευσης των αθλητών και τη διαθεσιμότητα τροφής και ποτού). Το σύνολο των σταθμών ανεφοδιασμού ήταν 12. Τα φαγητά και τα ποτά στα οποία είχαν πρόσβαση οι αθλητές διέφεραν στους σταθμούς ανεφοδιασμού. Ο πίνακας Α αποτυπώνει την ποικιλία αυτή καθώς και τη διατροφική ανάλυση των φαγητών και των ποτών του αγώνα, ενώ. Τα μέλη της ερευνητικής ομάδας καλούνταν να καταγράψουν σε δημοσιογραφικό κασετόφωνο την πρόσληψη τροφής και ποτού από τους εθελοντές αθλητές. Γι αυτό το σκοπό, έφταναν στους σταθμούς πριν από την έλευση των αθλητών και προετοιμάζονταν κατάλληλα. Υπήρχαν παραδοχές και προσυνεννόηση για τον τρόπο καταγραφής των ποσοτήτων και το χαρακτηρισμό των τροφίμων ώστε να αποφευχθούν σφάλματα καταγραφής στα διαφορετικά σημεία ανεφοδιασμού. Αξίζει να αναφέρουμε ότι ο αγώνας είχε χαρακτήρα προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος του Ολύμπου με συνέπεια την απαγόρευση της απομάκρυνσης τροφίμων και ποτών από τους σταθμούς με απώτερο σκοπό την αποφυγή της μόλυνσης της παρθένας διαδρομής του Ολύμπου. Επίσης, οι αθλητές δεν είχαν τη δυνατότητα μεταφοράς ποτών ή φαγητών. Συνεπώς, οι αθλητές κατανάλωναν τα ποτά και τα φαγητά που παρέχονταν από τους διοργανωτές και έτσι τα μέλη της ερευνητικής ομάδας είχαν τη δυνατότητα ακριβούς καταγραφής των καταναλισκόμενων από τους αθλητές ποσοτήτων. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η καταγραφή έλαβε χώρα για όλους τους αθλητές που αγωνίστηκαν και κατέφθαναν στα σημεία ανεφοδιασμού εντός του χρονικού ορίου που έθεταν οι διοργανωτές και όχι μόνο για τους αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα.

	Ενέργεια (Kcal)	Πρωτεΐνη (g)	Υδ/κες (g)	Λίπος (g)	Νερό (ml)	Κάλιο (g)	Νάτριο (mg)
Νερό	0,00	0,00	0,00	0,00	240,00	0,00	0,00
Ισοτονικό Ποτό	146,80	0,00	36,70	0,00	240,00	0,00	300,00
PowerBar Harvest	187,00	7,80	39,00	3,00	0,00	0,00	96,00
PowerBar Perform	233,00	9,00	42,50	3,20	0,00	0,00	104,00
PowerBar Protein	246,00	16,60	36,00	4,00	0,00	0,00	55,00
PowerGel	110,00	0,00	27,50	0,00	0,00	37,00	37,00
Βερίκοκα	43,00	0,70	11,10	0,09	87,70	197,00	0,00
Φυστίκια	160,14	6,50	5,89	13,60	0,42	180,00	222,00
Σταφίδες	81,56	0,88	21,51	0,13	4,19	204,00	326,00
Σύκα	51,00	0,61	13,08	0,23	5,68	142,40	2,20
Κράκερς	13,15	0,20	2,16	0,35	0,12	3,87	33,00
Πατατάκια	53,60	0,70	5,30	3,46	0,19	127,50	59,40
Μπισκότα Mirada	22,00	0,40	3,70	0,50	0,00	4,00	13,46
Τοστ	330,00	21,00	30,50	13,14	57,84	227,80	482,50
Nestea	88,00	0,26	22,00	0,00	236,21	49,21	7,77
Coke	97,00	0,00	27,00	0,00	226,04	0,00	9,00
Sprite	97,00	0,00	26,30	0,00	223,90	0,00	23,30
Κέικ	367,00	4,10	54,60	16,40	22,90	200,00	334,00
Φυστίκια+Σταφίδες	120,85	3,68	13,70	6,87	2,31	192,00	112,00

Πίνακας Α: Διατροφική Ανάλυση Διαθέσιμων Φαγητών και Ποτών κατά τη διάρκεια του Μαραθωνίου του Ολύμπου

2.4 Συγκέντρωση δεδομένων μετά τον αγώνα

Κατά τον τερματισμό των αθλητών στο Λιτόχωρο Πιερίας υπήρχαν 5-6 μέλη της ερευνητικής μας ομάδας, των οποίων αρμοδιότητα ήταν να εντοπίζουν τους αθλητές οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα και να τους προσεγγίζουν για συλλογή δείγματος αίματος και ούρων. Η εξάντληση μετά από αυτή τη συγκλονιστική προσπάθεια των αθλητών καθιστούσε το έργο αυτό αρκετά δύσκολο. Η πλειοψηφία των αθλητών δέχτηκαν να δώσουν δείγμα αίματος και ούρων κατά τον τερματισμό, ωστόσο κάποια δείγματα από αθλητές που αρχικά είχαν δηλώσει συμμετοχή στο Registration Room λείπουν. Επίσης, στον τερματισμό συμπληρώθηκε από τους αθλητές ένα ερωτηματολόγιο αναφορικά με πιθανά συμπτώματα και αισθήματα των

αθλητών κατά τη διάρκεια του αγώνα. Τα δείγματα αμέσως τοποθετούνταν στην ψύξη και ανά 20 λεπτά μεταφέρονταν στην Κλινική του Λιτόχωρου όπου οι ερευνητές της ομάδας αμέσως πραγματοποιούσαν μετρήσεις. Μετά από τις άμεσες αυτές μετρήσεις στην κλινική του Λιτόχωρου τα δείγματα καταψύχονταν και πάλι με σκοπό τη μεταφορά τους στις καταψύξεις των εργαστηρίων του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, όπου και παρέμειναν στους -40 °C μέχρι τη διεξαγωγή των τελικών μετρήσεων.

2.5 Σύνολο και Όργανα Μετρήσεων

Καταρχήν οι αθλητές καλούνταν να δηλώσουν το ύψος και την ηλικία τους. Επιπλέον, μετρήθηκε το βάρος των αθλητών πριν και μετά τον αγώνα. Χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζύγος SECA ακρίβειας 100 γραμμαρίων. Μετρήθηκαν ο αιματοκρίτης εις διπλούν πριν και μετά, η αιμοσφαιρίνη εις διπλούν πριν και μετά και η μεταβολή όγκου πλάσματος πριν και μετά τον αγώνα στην Κλινική Λιτοχωρίου με χρήση των εξισώσεων των Dill και Costill [100]. Επιπλέον, μετρήθηκαν η γλυκόζη ορού πριν και μετά, η κρεατινίνη ορού πριν και μετά και η ενεργότητα κρεατινικής κινάσης ορού πριν και μετά τον αγώνα. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Κλινικής Διαιτολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου με χρήση του αυτόματου βιοχημικού αναλυτή ACE Shiapparelli Biosystems, Inc., Fairfield, NJ. Μετρήθηκαν τέλος, το ειδικό βάρος ούρων πριν και μετά και η κρεατινίνη ούρων πριν και μετά τον αγώνα. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Κλινικής Διαιτολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Ο βιοχημικός αναλυτής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο αυτόματος αναλυτής ACE Shiapparelli Biosystems, Inc., Fairfield, NJ.

Η συγκέντρωση νατρίου [Na] ορού πριν και μετά, η συγκέντρωση καλίου [K] ορού πριν και μετά, η συγκέντρωση νατρίου [Na] ούρων πριν και μετά και η συγκέντρωση καλίου [K] ούρων πριν και μετά τον αγώνα μετρήθηκαν με τον αναλυτή EKTACHEM DT60II, System Kodak, Johnson & Johnson.

Οι ωσμωτικότητες ορού και ούρων πριν και μετά τη λήξη του αγώνα μετρήθηκαν με το ωσμόμετρο Advanced Osmometer, Model 3D3, Advanced Instruments, Inc. Norwood, Massachusetts, USA, με τη μέθοδο της ταπείνωσης του σημείου πήξεως (freezing point depression)

Από την καταγραφή πρόσληψης ποτού και φαγητού στους σταθμούς ανεφοδιασμού υπολογίστηκαν για κάθε αθλητή η συνολική πρόσληψη υγρών, η διαιτητική πρόσληψη νατρίου, η διαιτητική πρόσληψη καλίου, η διαιτητική πρόσληψη θερμίδων, η διαιτητική πρόσληψη υδ/κων, η διαιτητική πρόσληψη πρωτεΐνης, και η διαιτητική πρόσληψη λίπους

2.6 Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή της διατριβής, η υπονατριαιμία επαγόμενη από άσκηση (EAH) είναι μια επιπλοκή της άσκησης παρατεταμένης διάρκειας, που μπορεί να μειώσει την αθλητική απόδοση και πιθανώς να έχει δυσμενείς συνέπειες στην υγεία του αθλητή [1], με σημαντικότερη επιπλοκή την υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια, που ενδέχεται να κοστίσει στον αγωνιζόμενο έως και τη ζωή του [39, 51, 86, 97, 99]. Η σοβαρότητα των περιστατικών υπονατριαιμίας καθώς και ο αυξανόμενος επιπολασμός της σε αθλητικά γεγονότα αντοχής καθιστούν επιτακτική την ανάγκη έρευνας σχετικά με την EAH. Οι προγενέστερες μελέτες έδειξαν ότι η EAH εμφανίζεται κυρίως σε αθλητικά γεγονότα διάρκειας > 4 h. Στην διοργάνωση Olympus Marathon 2004, ο αθλητής που τερμάτισε πρώτος πραγματοποίησε χρόνο 5 ώρες και 24 λεπτά και έτσι υποτέθηκε ότι και στη διοργάνωση του 2005 όλοι οι χρόνοι τερματισμού θα ήταν πάνω από 5 ώρες, όπως και συνέβη (5 ώρες και 11 λεπτά ο πρώτος αθλητής). Επιπλέον το ξηρό και ζεστό περιβάλλον αποτελούν όπως φαίνεται από σχετικές μελέτες παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας [2, 87, 89]. Επιπλέον, η καταγραφή της ποσότητας και ποιότητας των ποτών και φαγητών που κατανάλωναν οι αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα μπορούσε να γίνει με ακρίβεια και με βεβαιότητα ότι αντικατοπτρίζει το σύνολο της πραγματικής πρόσληψης αφού οι αθλητές δεν είχαν τη δυνατότητα κατανάλωσης φαγητού και ποτού πέρα από τους χώρους των σταθμών ανεφοδιασμού.

Επιπρόσθετα, οι συμμετέχοντες ήταν άνδρες και γυναίκες διαφόρων ηλικιών και με τελείως διαφορετικά επίπεδα φυσικής κατάστασης και με ένα ευρύ φάσμα αθλητικών ικανοτήτων και σωματικών χαρακτηριστικών.

Πρωταρχικός στόχος της μελέτης ήταν η καταγραφή των πιθανών περιστατικών υπονατριαιμίας στο μαραθώνιο του Ολύμπου. Επιπλέον, βασικός στόχος της έρευνας αποτέλεσε η ακριβής καταγραφή της ποσότητας και ποιότητας του φαγητού και ποτού που κατανάλωσαν οι αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα και

η συσχέτιση της με την εμφάνισης ή μη υπονατριαιμίας. Αφενός εξετάστηκε κατά πόσο η πρόσληψη νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας ή να μειώσει τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων της. Αφετέρου επιχειρήθηκε η επιβεβαίωση της υπόθεσης ότι ο πρωταρχικός αιτιολογικός παράγοντας της εμφάνισης ΕΑΗ είναι η υπερκατανάλωση υγρών. Μέσω της ζύγισης πριν και μετά το τέλος του αγώνα επιχειρήθηκε η συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης βάρους από τους αθλητές και της εμφάνισης υπονατριαιμίας. Η συσχέτιση της πιθανότητας εμφάνισης υπονατριαιμίας επίσης εξετάστηκε αναφορικά με τη διαφορά φύλου και αναφορικά με τα διαφορετικά σωματικά βάρη. Οι χρόνοι τερματισμού των αθλητών όπως καταγράφηκαν από τους υπεύθυνους του αγώνα επιχειρήθηκε να συσχετιστούν με την εμφάνιση υπονατριαιμίας. Επιπρόσθετα, τα δείγματα αίματος και ούρων χρησιμοποιήθηκαν για πιθανές συσχετίσεις μεταξύ της εμφάνισης υπονατριαιμίας και διαφόρων σημαντικών δεικτών όπως η ωσμωτικότητα αίματος και ούρων και η περιεκτικότητα ούρων σε ηλεκτρολύτες και η μεταβολή του όγκου πλάσματος

2.7 Ερευνητικό Ερώτημα

Το ερευνητικό ερώτημα που ετέθη στην παρούσα μελέτη ήταν κατά πόσο μπορεί να εμφανιστεί υπονατριαιμία σε αθλητές αντοχής που λαμβάνουν μέρος σε αγώνισμα μέσης διάρκειας 7-8 ωρών.

2.8 Στόχος Μελέτης

Στόχος της μελέτης ήταν να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ της υδατικής ισορροπίας και των επιπέδων ηλεκτρολυτών στο αίμα και της διαιτητικής πρόσληψης κατά τη διάρκεια του μαραθωνίου του Ολύμπου.

3. Αποτελέσματα

3.1 Συνολικός Πληθυσμός

Ο αριθμός αθλητών των οποίων οι τιμές χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη μας ήταν **68**. Από τους 104 που αρχικά δήλωσαν συμμετοχή στην έρευνα, αποκλείστηκαν οι αθλητές για τους οποίους δεν υπήρχε δείγμα αίματος και ούρων τόσο πριν όσο και μετά τη λήξη του αγώνα ή δεν κατόρθωσαν να τερματίσουν εντός του χρονικού ορίου (30 αθλητές). Αποκλείστηκαν επίσης οι αθλητές για τους οποίους δεν κατάφεραν να μετρηθούν για διάφορους λόγους (καταστροφή ή ανεπάρκεια δείγματος) σημαντικές τιμές αίματος ή ούρων από τα υπάρχοντα δείγματα (6 αθλητές).

Η μέση ηλικία των αθλητών του δείγματος της παρούσας μελέτης ήταν 34.4 ± 8.6 έτη, ενώ το μέσο ύψος τους ήταν 176.5 ± 6.3 cm. Ο μέσος χρόνος τερματισμού των αθλητών της μελέτης ήταν 521 min (ή 8,7 h). Το μέσο σωματικό βάρος των αθλητών πριν την έναρξη του μαραθωνίου ήταν 75.3 ± 10.0 kg, ενώ μειώθηκε στατιστικά σημαντικά ($p=0.000$) σε 73.1 ± 9.9 kg μετά τη λήξη του αγώνα. Ο μέσος αιματοκρίτης των αθλητών πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 41.8 ± 4.3 %, ενώ αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ($p=0.003$) μετά τη λήξη του αγώνα σε 43.7 ± 3.3 %. Η μέση τιμή της [Na] ορού των εθελοντών ήταν 139 ± 3 mmol/l προαγωνιστικά και δε μεταβλήθηκε σημαντικά ($p=0.957$) μετά τη λήξη του αγώνα όπου η μέση τιμή [Na] ορού ήταν 139 ± 4 mmol/l. Αντίθετα, η μέση [K] ορού μειώθηκε στατιστικά σημαντικά ($p=0.000$) από 5.2 ± 0.8 mmol/l πριν την έναρξη του αγώνα σε 4.7 ± 0.5 mmol/l μετά τον τερματισμό των αθλητών. Η μέση ωσμωτικότητα ορού πριν την έναρξη του αγώνα (290 ± 3 mOsm/kg) ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη σε σχέση με αυτήν μετά τη λήξη του αγώνα (294 ± 6 mOsm/kg) με $p=0.000$. Η μέση τιμή της ενεργότητας της κρεατινικής κινάσης (CK) πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 162 ± 112 U/L, ενώ μετά τη λήξη του αγώνα είχε αυξηθεί στατιστικά σημαντικά ($p=0.000$) σε 1012 ± 821 U/L. Η μέση συγκέντρωση γλυκόζης [Glu] ορού προαγωνιστικά ήταν ίση με 94.6 ± 19.1 mg/dl και παρότι είχε τάση να μειωθεί μετά τη λήξη του αθλητικού γεγονότος με μέση τιμή 89.2 ± 29.4 mg/dl, η μείωση της δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.224$)- (Πίνακας I).

Πίνακας Ι: Χαρακτηριστικά Δείγματος Πριν και Μετά τη Λήξη του Μαραθωνίου του Ολύμπου (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές±τυπικές αποκλίσεις)

n=68 (Ανδρες=63 Γυναίκες=5)	Πριν	Μετά	P
Ηλικία (έτη)	34.4±8.6		
Ύψος (cm)	176.5±6.3		
Σωματικό Βάρος (kg)	75.3±10.0	73.1±9.9	0.000
Αιματοκρίτης (%)	41.8±4.3	43.7±3.3	0.003
[Na ⁺] ορού (mmol/l)	139±3	138±4	0.957
[K ⁺] ορού (mmol/l)	5.2±0.8	4.7±0.5	0.000
Ωσμωτικότητα ορού (mOsm/kg)	290±3	294±6	0.000
Ενεργότητα CK (U/L)	162±112	1012±821	0.000
[Glu] ορού (mg/dl)	94.6±19.1	89.2±29.4	0.224

Από τις αναλύσεις ούρων των αθλητών (Πίνακας ΙΙ), φάνηκε ότι η μέση κρεατινίνη ούρων πριν ήταν στατιστικά σημαντικά ($p=0.000$) χαμηλότερη (127 ± 78 mmol/dl) από τη μέση κρεατινίνη στο μεταγωνιστικό δείγμα ούρων των αθλητών (254 ± 125 mmol/dl). Η μέση ωσμωτικότητα ούρων των αθλητών πριν τον αγώνα ήταν ελαφρώς χαμηλότερη (722 ± 325 mOsm/kg) σε σύγκριση με τη μέση ωσμωτικότητα ούρων μετά το τέλος του αγώνα (780 ± 265 mOsm/kg), όμως η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.157$). Η μέση συγκέντρωση καλίου [K] ούρων των αθλητών πριν τον αγώνα ήταν 43 ± 28 mmol/l, ενώ μετά τον αγώνα ήταν 85 ± 39 mmol/l, με τη διαφορά να φτάνει σε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.000$). Η μέση συγκέντρωση [Na] ούρων πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 168 ± 60 mmol/l, ενώ μειώθηκε στατιστικά σημαντικά σε 76 ± 39 mmol/l ($p=0.000$).

Πίνακας II: Τιμές αναλύσεων ούρων δείγματος Πριν και Μετά τη Λήξη του Μαραθωνίου του Ολύμπου (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές±τυπικές αποκλίσεις)

n=62	Πριν n=57	Μετά n=5	P
Κρεατινίνη Ούρων (mmol/dl)	127±78	254±125	0.000
Ωσμωτικότητα Ούρων (mOsm/kg)	722±325	780±265	0.157
[K] Ούρων(mmol/l)	43±28	85±39	0.000
[Na] Ούρων(mmol/l)	168±60	76±39	0.000

Τα δεδομένα μέσω των προσλήψεων των θρεπτικών συστατικών παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον (Πίνακας III). Οι αθλητές προσελάμβαναν 880±692 mg Na κατά μέσο όρο και 1167±840 mg K κατά τη διάρκεια του αγώνα μέσω των ποτών και των φαγητών που κατανάλωναν. Η μέση πρόσληψη ενέργειας ήταν 1498±690 kcal και η μέση πρόσληψη υδατανθράκων 261±105 g. Τέλος, η μέση πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα ήταν 4407±1129 ml για τους αθλητές της μελέτης μας.

Πίνακας III: Προσλήψεις Θρεπτικών Συστατικών των αθλητών του δείγματος από την κατανάλωση φαγητού και υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές±τυπικές αποκλίσεις)

n=68	
Πρόσληψη Νατρίου (mg)	880±692
Πρόσληψη Καλίου (mg)	1167±840
Πρόσληψη ενέργειας (kcal)	1498±690
Πρόσληψη υδ/κών (g)	261±105
Κατανάλωση υγρών (ml)	4407±1129

Ο μέσος ρυθμός πρόσληψη υγρών για τους εθελοντές μας υπολογίζεται ως 513±130 ml/h, ενώ ο μέσος ρυθμός πρόσληψης Na από τους αθλητές ως 0.2±0.2 g/l προσλαμβανόμενων υγρών. Ο μέσος ρυθμός πρόσληψης θερμίδων ανήλθε σε 173±74 kcal/h, ενώ ο μέσος ρυθμός πρόσληψης υδατανθράκων σε 30.6±12.9 g/h. Αναφέρουμε ενδεικτικά και τους μέσους ρυθμούς πρόσληψης πρωτεΐνης και λίπους που ήταν 4.8±3.2 g/h και 3.3±2.5 g/h αντίστοιχα (Πίνακας IV).

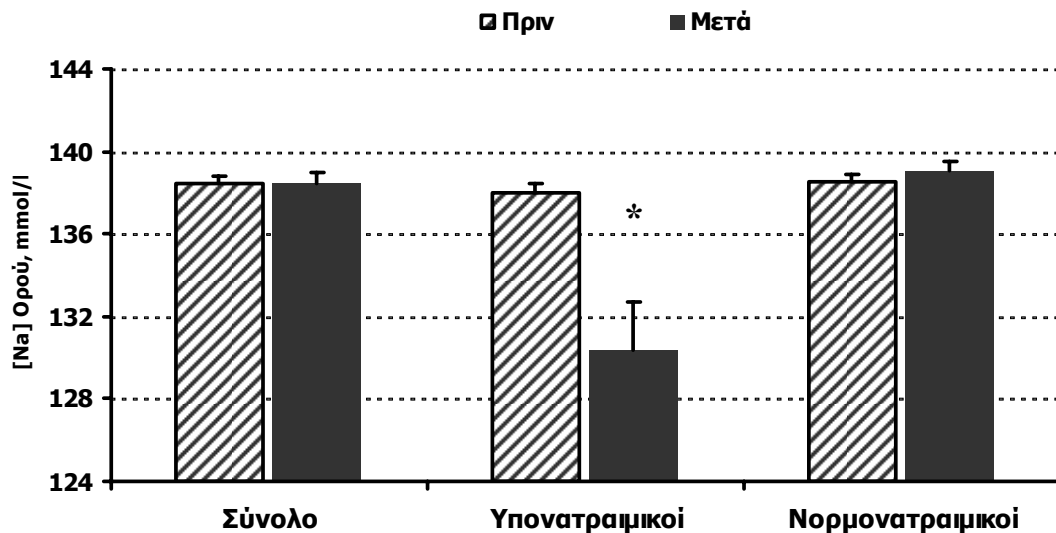
Πίνακας IV: Ρυθμός Πρόσληψης Θρεπτικών Συστατικών των αθλητών του δείγματος από την κατανάλωση φαγητού και υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές±τυπικές αποκλίσεις)

n=68	
Πρόσληψη υγρών (ml/h)	513±130
Πρόσληψη Θερμίδων (kcal/h)	173±74
Πρόσληψη Υδ/κων (g/h)	30,6±12,9
Πρόσληψη Πρωτεΐνης (g/h)	4,8±3,2
Πρόσληψη Λίπους (g/h)	3,3±2,5
Πρόσληψη Na (g/L)	0,2±0,2

3.2 Σύγκριση μεταξύ Αποτελεσμάτων Υπονατριαιμικών και Νορμονατριαιμικών Αθλητών

3.2.1 Χαρακτηριστικά και Αναλύσεις Αίματος

Από τους 62 αθλητές στους οποίους μετρήθηκε η [Na] ορού μετά το τέλος του αγώνα, οι 5 (8%) εμφάνισαν υπονατριαιμία (130 ± 5 mmol/ l), ενώ 57 αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα με [Na] ορού εντός των φυσιολογικών τιμών (139 ± 3). Η διαφορά στη [Na] ορού μετά των αγώνα μεταξύ των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.000$). Τέσσερις από τους υπονατριαιμικούς αθλητές εμφάνισαν ήπιας μορφής υπονατριαιμία ([Na]= 133, 131, 133, 134 mmol/ l) και ένας αθλητής εμφάνισε μέτρια υπονατριαιμία ([Na]= 122 mmol/ l) μετά το τέλος του αγώνα, ωστόσο κανένας αθλητής δεν εμφάνισε συμπτώματα υπονατριαιμίας ή υπονατριαιμικής εγκεφαλοπάθειας. Κανένας από τους υπονατριαιμικούς αθλητές δε χρειάστηκε να διακομιστεί σε κλινική για νοσηλεία. Επιπλέον, οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφάνιζαν ελαφρώς χαμηλότερη [Na] ορού προαγωνιστικά 138 ± 1 mmol/ l, ενώ οι νορμονατριαιμικοί αθλητές εμφάνιζαν [Na] ορού 139 ± 3 mmol/ l, ωστόσο η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.297$), Γράφημα 1.

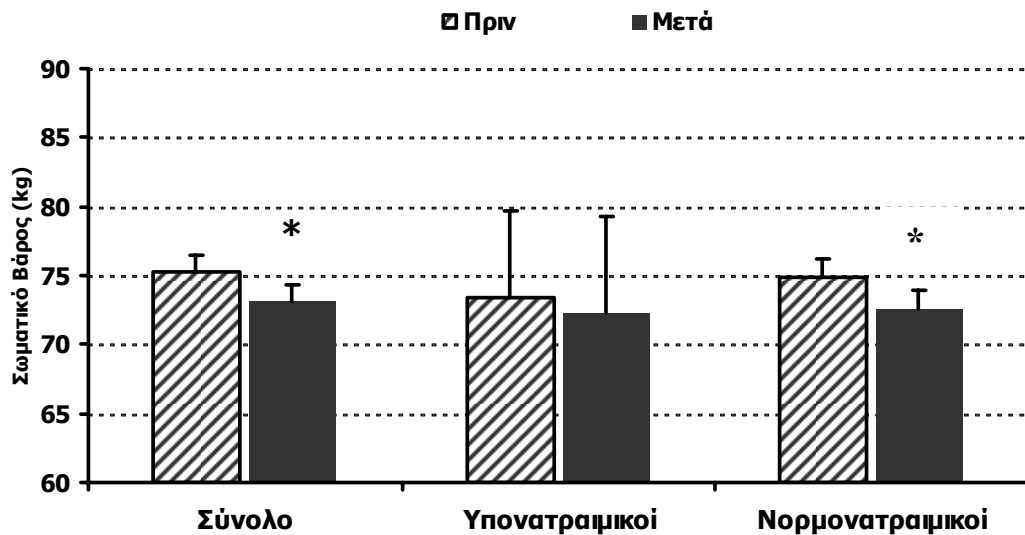


Γράφημα 1: Συγκέντρωση νατρίου [Na] ορού (mmol/l) πριν και μετά τον αγώνα (* $p < 0.05$, οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι $\pm$ τυπικά σφάλματα)

Ένας στους πέντε υπονατραιμικούς αθλητές ήταν γένους θηλυκού, ενώ τρεις στους 57 νορμονατραιμικούς αθλητές ήταν γυναίκες. Αν και οι γυναίκες εμφάνισαν τάση να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριάμιας, το γυναικείο φύλο δεν αποδείχτηκε στατιστικά σημαντικός παράγοντας κινδύνου εμφάνισης υπονατριάμιας στην παρούσα έρευνα ($p=0.205$).

Το μέσο βάρος των υπονατραιμικών αθλητών πριν έναρξη του αγώνα ήταν 74.9 ± 10.0 kg, ενώ οι υπονατραιμικοί αθλητές εμφάνισαν τάση να έχουν χαμηλότερο μέσο προαγωνιστικό βάρος 73.4 ± 14.0 kg, χωρίς όμως η διαφορά προαγωνιστικού βάρους να φτάνει σε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.763$).

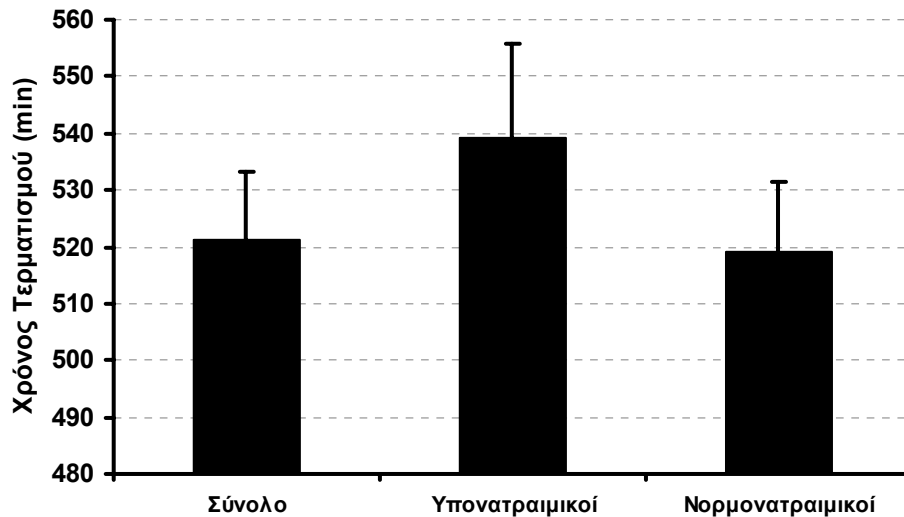
Οι νορμονατραιμικοί αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα με μέση απώλεια βάρους 2.2 ± 1.7 kg, ενώ οι υπονατραιμικοί αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα με μέση απώλεια βάρους 1.1 ± 2.3 kg, χωρίς όμως η διαφορά στο μεταγωνιστικό βάρος μεταξύ των ομάδων να είναι στατιστικά σημαντική ($p=0.163$). Η ποσοστιαία μεταβολή στο σωματικό βάρος μετά τη λήξη του αγώνα ανήλθε στο -3.0 ± 2.2 για τους νορμονατραιμικούς αθλητές και στο -1.9 ± 3.4 για τους υπονατραιμικούς αθλητές, η ποσοστιαία μεταβολή του σωματικού βάρους όμως δε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($p=0.299$). Ωστόσο, οι υπονατραιμικοί αθλητές εμφάνισαν τάση να χάνουν λιγότερο βάρος κατά τη διάρκεια του αγώνα σε σχέση με τους νορμονατραιμικούς αθλητές, Γράφημα 2.



Γράφημα 2: Σωματικό Βάρος (kg) πριν και μετά τον αγώνα (* $p < 0.05$, οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι $\pm$ τυπικά σφάλματα)

Αναφορικά με το ύψος και την ηλικία των νορμονατριαιμικών και των υπονατριαιμικών αθλητών, αναφέρουμε ότι δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν μέσο ύψος 176.1 ± 6.0 cm και μέση ηλικία 34.0 ± 8.5 έτη, ενώ οι υπονατριαιμικοί αθλητές μέσο ύψος 176.6 ± 11.0 cm και μέση ηλικία 35.6 ± 6.3 έτη ($p = 0.876$ και $p = 0.683$ για ύψος και ηλικία αντίστοιχα).

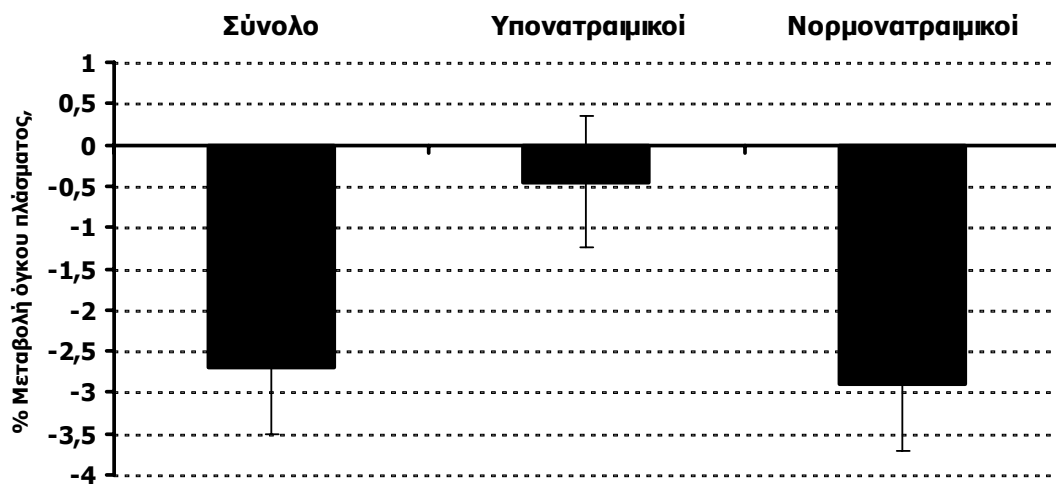
Ο μέσος χρόνος τερματισμού των νορμονατριαιμικών αθλητών ήταν 519 ± 92 λεπτά, ενώ ο μέσος χρόνος τερματισμού των υπονατριαιμικών αθλητών ήταν 539 ± 38 λεπτά. Παρότι, οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφάνισαν την τάση να έχουν μεγαλύτερους χρόνους τερματισμού από τους νορμονατριαιμικούς συναθλητές τους, η διαφορά δεν αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0.635$), Γράφημα 3.



Γράφημα 3: Χρόνος Τερματισμού (min) (οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι $\pm$ τυπικά σφάλματα)

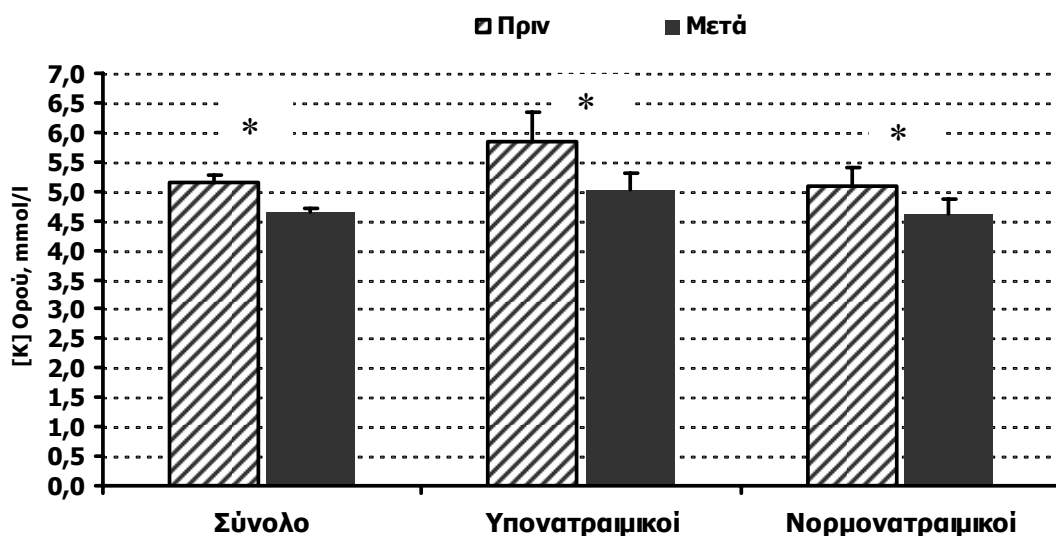
Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν μέσο αιματοκρίτη πριν την έναρξη του αγώνα 41.6 ± 4.6 %, ενώ οι υπονατριαιμικοί αθλητές 42.1 ± 1.1 % ($p=0.832$). Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν μέσο αιματοκρίτη μετά τη λήξη του αγώνα 43.6 ± 3.1 %, ενώ οι υπονατριαιμικοί αθλητές 43.0 ± 6.3 % ($p=0.712$).

Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές εμφάνισαν μια μέση ποσοστιαία μείωση στον όγκο του πλάσματος της τάξεως του 2.9 ± 14.9 %, ενώ οι υπονατριαιμικοί αθλητές μια μέση ποσοστιαία μείωση της τάξεως του 0.5 ± 20.2 %. Παρόλο που οι υπονατριαιμικοί εθελοντές εμφάνιζαν μικρότερη μείωση στον όγκο του πλάσματος μετά τη λήξη του αγώνα σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς εθελοντές, η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.739$), Γράφημα 4.



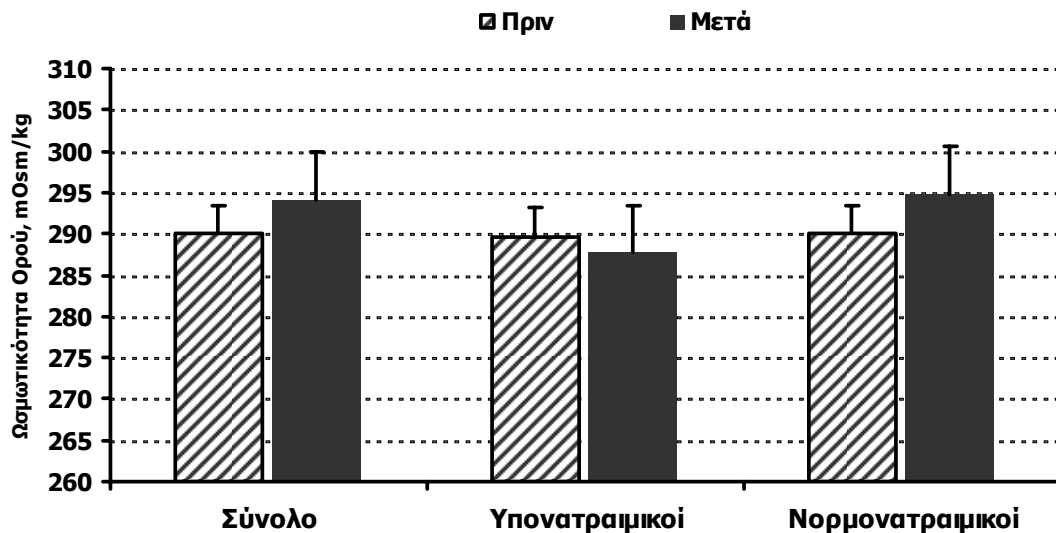
Γράφημα 4: Ποσοστιαία Μεταβολή όγκου πλάσματος (%) μετά τον αγώνα (οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι ± τυπικά σφάλματα)

Η συγκέντρωση καλίου [K] ορού μεταξύ των δύο ομάδων προαγωνιστικά βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($p=0.033$). Οι νορμονατραιμικοί αθλητές είχαν μέση [K] ορού πριν 5.1 ± 0.7 mmol/l, ενώ οι υπονατραιμικοί αθλητές μεγαλύτερη μέση [K] ορού προαγωνιστικά 5.9 ± 1.1 mmol/l. Μετά τη λήξη του αγώνα οι νορμονατραιμικοί αθλητές είχαν και πάλι μικρότερη μέση [K] ορού 4.6 ± 0.4 mmol/l στα όρια της στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.059$), σε σύγκριση με τους υπονατραιμικούς αθλητές που είχαν μέση [K] μετά τη λήξη του αγώνα της τάξεως του 5.0 ± 0.6 mmol/l, Γράφημα 5.



Γράφημα 5: Συγκέντρωση καλίου [K] ορού πριν και μετά τον αγώνα (* $p < 0.05$, οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι±τυπικά σφάλματα)

Από τις μετρήσεις ωσμωτικότητας ορού φάνηκε ότι οι υπονατριαιμικοί αθλητές είχαν ωσμωτικότητα ορού πριν την έναρξη του αγώνα με μέση τιμή 290 ± 4 mOsm/kg και οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν μέση προαγωνιστική ωσμωτικότητα 290 ± 3 mOsm/kg, χωρίς αυτές οι τιμές να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p = 0.823$). Οι ωσμωτικότητες ορού των δύο ομάδων μετά τη λήξη του αγώνα ήταν διαφορετικές με τους υπονατριαιμικούς αθλητές να έχουν 288 ± 6 mOsm/kg και τους νορμονατριαιμικούς αθλητές να έχουν 295 ± 6 mOsm/kg, ωστόσο η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p = 0.443$), Γράφημα 6.



Γράφημα 6: Ωσμωτικότητα ορού (mOsm/kg) πριν και μετά τον αγώνα (οι τιμές εκφράζονται σαν μέσοι±τυπικά σφάλματα)

Η συγκέντρωση γλυκόζης ορού [Glu] στους νορμονατριαιμικούς αθλητές πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 94.7 ± 18.7 mg/dl, ενώ στους υπονατριαιμικούς αθλητές 93.2 ± 22.3 mg/dl. Η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p = 0.868$). Μετά τη λήξη του αγώνα οι [Glu] ορού μειώθηκαν σε παρόμοιο βαθμό με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές να έχουν μέση [Glu] ορού 88.2 ± 29.3 mg/dl και τους υπονατριαιμικούς αθλητές να έχουν μέση [Glu] ορού 86.8 ± 41.8 mg/dl ($p = 0.924$).

Τέλος, η ενεργότητα της κρεατινικής κινάσης (CK) πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 164 ± 113 U/L για τους νορμονατριαιμικούς αθλητές, ενώ για τους

υπονατριαιμικούς αθλητές ήταν 114 ± 53 U/L. Καμία στατιστική διαφορά δεν παρατηρήθηκε ($p=0.335$). Μετά τη λήξη του αγώνα η ενεργότητα της κρεατινικής κινάσης αυξήθηκε όπως ήταν φυσιολογικό και στις δύο ομάδες, χωρίς η τιμή της να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων μετά τη λήξη του αγώνα ($p=0.733$). Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν ενεργότητα κρεατινικής κινάσης 1009 ± 821 U/L, ενώ οι υπονατριαιμικοί αθλητές 864 ± 708 U/L.

Πίνακας V: Σύγκριση Χαρακτηριστικών και τιμών αναλύσεων αίματος μεταξύ νορμονατριαιμικών ($[Na]_{ορού} \geq 135$ mmol/l) και υπονατριαιμικών αθλητών ($[Na]_{ορού} < 135$ mmol/l) Πριν και Μετά τη Λήξη του Μαραθωνίου του Ολύμπου (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις).

(* $p < 0.05$, † $p < 0.05$)

n=68	Νορμονατριαιμικοί Αθλητές n=57 (4 γυναίκες)		Υπονατριαιμικοί Αθλητές n=5 (1 γυναίκα)	
Μεταβολή Σωματικού Βάρους (kg)	-2.2 $\pm$ 1.7		-1.1 $\pm$ 2.3	
Μεταβολή Σωματικού Βάρους (%)	-3.0 $\pm$ 2.2		-1.9 $\pm$ 3.4	
Ύψος (cm)	176.1 $\pm$ 6.1		176.6 $\pm$ 11.0	
Ηλικία (έτη)	34.0 $\pm$ 8.5		35.6 $\pm$ 6.3	
Χρόνος Τερματισμού (λεπτά)	519 $\pm$ 92		539 $\pm$ 38	
Μεταβολή όγκου πλάσματος (%)	-2.9 $\pm$ 14.9		-0.5 $\pm$ 20.2	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Σωματικό Βάρος (kg)	74.8 $\pm$ 10.0	72.6 $\pm$ 9.8	73.4 $\pm$ 14.0	72.3 $\pm$ 15.5
Αιματοκρίτης (%)	41.6 $\pm$ 4.6	43.6 $\pm$ 3.1	42.1 $\pm$ 1.1	43.0 $\pm$ 6.3
[Na] ορού (mmol/l)	139 $\pm$ 3	139 $\pm$ 3*	138 $\pm$ 1	130 $\pm$ 5*
[K] ορού (mmol/l)	5.1 $\pm$ 0.7†	4.6 $\pm$ 0.4	5.9 $\pm$ 1.1†	5.0 $\pm$ 0.6
Ωσμ/τα ορού (mOsm/kg)	290 $\pm$ 3	295 $\pm$ 6	290 $\pm$ 4	288 $\pm$ 6
[Glu] ορού (mg/dl)	94.7 $\pm$ 18.7	88.2 $\pm$ 29.3	93.2 $\pm$ 22.3	86.8 $\pm$ 41.8
Ενεργότητα CK (U/L)	164 $\pm$ 113	1009 $\pm$ 821	114 $\pm$ 53	863 $\pm$ 708

3.2.2 Αναλύσεις Ούρων

Από τις αναλύσεις ούρων των αθλητών προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα: Η μέση κρεατινίνη ούρων των υπονατριαιμικών αθλητών πριν την έναρξη του αγώνα (60 ± 39 mmol/dl) ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη ($p=0.039$) σε σχέση με την μέση κρεατινίνη ούρων των νορμονατριαιμικών αθλητών (133 ± 76 mmol/dl). Αντιθέτως, οι τιμές στην κρεατινίνη ούρων δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων μετά τη λήξη του αγώνα ($p=0.848$), με τους υπονατριαιμικούς αθλητές να έχουν μέση κρεατινίνη ούρων 260 ± 120 mmol/dl και

τους νορμονατριμικούς αθλητές να έχουν μέση κρεατινίνη ούρων 246 ± 125 mmol/dl. Οι υπονατριμικοί αθλητές έτειναν να έχουν χαμηλότερη ωσμωτικότητα ούρων προαγωνιστικά με μέση τιμή 473 ± 272 mOsm/kg, σε σχέση με τους νορμονατριμικούς αθλητές με μέση τιμή 745 ± 329 mOsm/kg, όμως η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.171$). Μετά τη λήξη του αγώνα η μέση ωσμωτικότητα ούρων των υπονατριμικών αθλητών ανήλθε στα 637 ± 45 mOsm/kg, ενώ για τους νορμονατριμικούς αθλητές στα 775 ± 273 mOsm/kg ($p=0.391$). Η μέση [K] ούρων των υπονατριμικών αθλητών έτεινε να είναι χαμηλότερη (30 ± 18 mmol/l) προαγωνιστικά σε σχέση με αυτή των νορμονατριμικών (44 ± 31 mmol/l), όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετική ($p=0.437$). Η μέση [K] ούρων των υπονατριμικών αθλητών μετά τον αγώνα (85 ± 34 mmol/l) δε διέφερε ($p=0.888$) σε σχέση με αυτή των νορμονατριμικών (82 ± 38 mmol/l). Αναφορικά με τη μέση [Na] ούρων, αυτή ήταν χαμηλότερη στους υπονατριμικούς αθλητές τόσο πριν (124 ± 73 mmol/l) όσο και μετά τον αγώνα (43 ± 16 mmol/l) σε σχέση με τη μέση [Na] ούρων στους νορμονατριμικούς αθλητές πριν (190 ± 219 mmol/l) και μετά το τέλος του αγώνα (78 ± 39 mmol/l). Ωστόσο, οι τιμές της μέσης [Na] ούρων πριν ($p=0.608$) και μετά τον αγώνα ($p=0.224$) δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των υπονατριμικών και των νορμονατριμικών αθλητών (Πίνακας VI).

Πίνακας VI: Σύγκριση τιμών αναλύσεων ούρων μεταξύ νορμονατριμικών ([Na]ορού ≥ 135 mmol/l) και υπονατριμικών αθλητών ([Na]ορού < 135 mmol/l) Πριν και Μετά τη Λήξη του Μαραθωνίου του Ολύμπου (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις).

N=62	Νορμονατριμικοί Αθλητές n=57	Υπονατριμικοί Αθλητές n=5	p
Κρεατινίνη Ούρων πριν (mmol/dl)	133 $\pm$ 76	60 $\pm$ 39	0.039
Κρεατινίνη Ούρων μετά (mmol/dl)	246 $\pm$ 125	260 $\pm$ 120	0.848
Ωσμωτικότητα Ούρων πριν (mOsm/kg)	745 $\pm$ 329	473 $\pm$ 272	0.171
Ωσμωτικότητα Ούρων μετά (mOsm/kg)	775 $\pm$ 273	637 $\pm$ 45	0.391
[K] Ούρων πριν (mmol/l)	44 $\pm$ 31	30 $\pm$ 18	0.437
[K] Ούρων μετά (mmol/l)	82 $\pm$ 38	85 $\pm$ 34	0.888
[Na] Ούρων πριν (mmol/l)	190 $\pm$ 219	124 $\pm$ 73	0.608
[Na] Ούρων μετά (mmol/l)	78 $\pm$ 39	43 $\pm$ 16	0.224

3.2.3 Διαιτητική Πρόσληψη

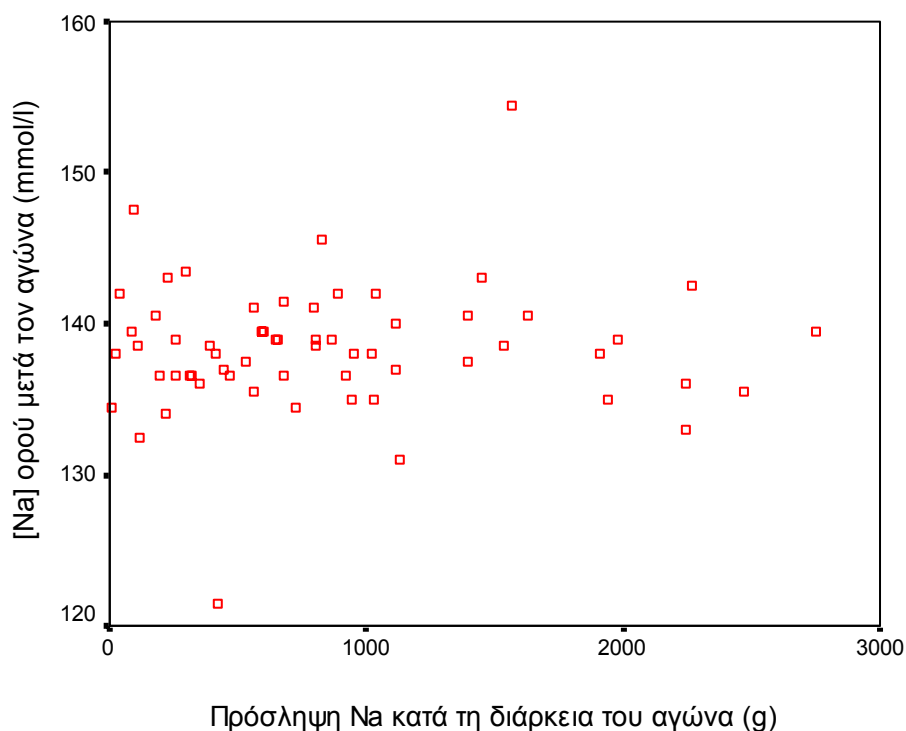
Η πρόσληψη θρεπτικών συστατικών μετρήθηκε σε όλους τους σταθμούς ανεφοδιασμού μέσω της κατανάλωσης ποτού και φαγητού που ήταν διαθέσιμα από τους διοργανωτές του αγώνα. Από τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τους αθλητές της έρευνας (N=68) προέκυψαν οι μέσες τιμές για τις ομάδες των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών. Οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να προσλαμβάνουν λιγότερο Na συνολικά (824 ± 886 mg) σε σύγκριση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές (858 ± 665 mg), όμως η διαφορά στην πρόσληψη Na μεταξύ των δύο ομάδων από τα ποτά και τα φαγητά κατά τη διάρκεια του αγώνα δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.915$). Αντίστοιχα, η διαφορά στην πρόσληψη K δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.976$) με τους υπονατριαιμικούς να προσλαμβάνουν κατά μέσο όρο συνολικά 1129 ± 614 mg K και τους νορμονατριαιμικούς να προσλαμβάνουν 1141 ± 883 mg. Η πρόσληψη ενέργειας ήταν παρόμοια στις δύο ομάδες (υπονατριαιμικοί: 1417 ± 596 kcal και νορμονατριαιμικοί: 1483 ± 712 kcal) με $p=0.841$. Αναφορικά με την πρόσληψη υδατανθράκων, αυτή δε διέφερε ($p=0.735$) μεταξύ υπονατριαιμικών (243 ± 59 g) και νορμονατριαιμικών (260 ± 110 g). Τέλος, η μέση συνολική πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα όπως καταγράφηκε, ανήλθε σε 4656 ± 902 ml για τους υπονατριαιμικούς αθλητές και σε 4388 ± 1149 ml για τους νορμονατριαιμικούς αθλητές χωρίς να ανιχνευτεί σημαντική διαφορά ($p=0.370$), με τους υπονατριαιμικούς αθλητές να εμφανίζουν τάση πρόσληψης μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Πίνακας VII: Προσλήψεις Θρεπτικών Συστατικών των αθλητών του δείγματος από την κατανάλωση φαγητού και υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα (Εκφρασμένες ως μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις)

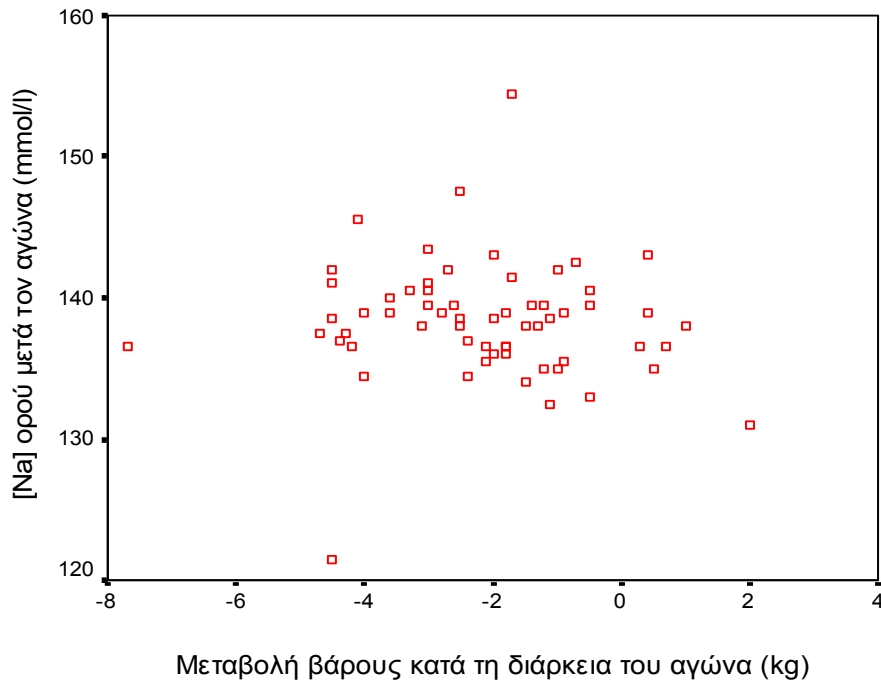
n=68	<u>Νορμονατριαιμικοί Αθλητές</u> n=57	<u>Υπονατριαιμικοί Αθλητές</u> n=5	p
Πρόσληψη Νατρίου (mg)	858 $\pm$ 665	824 $\pm$ 886	0.915
Πρόσληψη Καλίου (mg)	1141 $\pm$ 883	1129 $\pm$ 614	0.976
Πρόσληψη ενέργειας (kcal)	1483 $\pm$ 712	1417 $\pm$ 596	0.841
Πρόσληψη Υδατανθράκων (g)	260 $\pm$ 110	243 $\pm$ 59	0.735
Κατανάλωση υγρών (ml)	4388 $\pm$ 1149	4656 $\pm$ 902	0.370

3.3 Συσχετίσεις

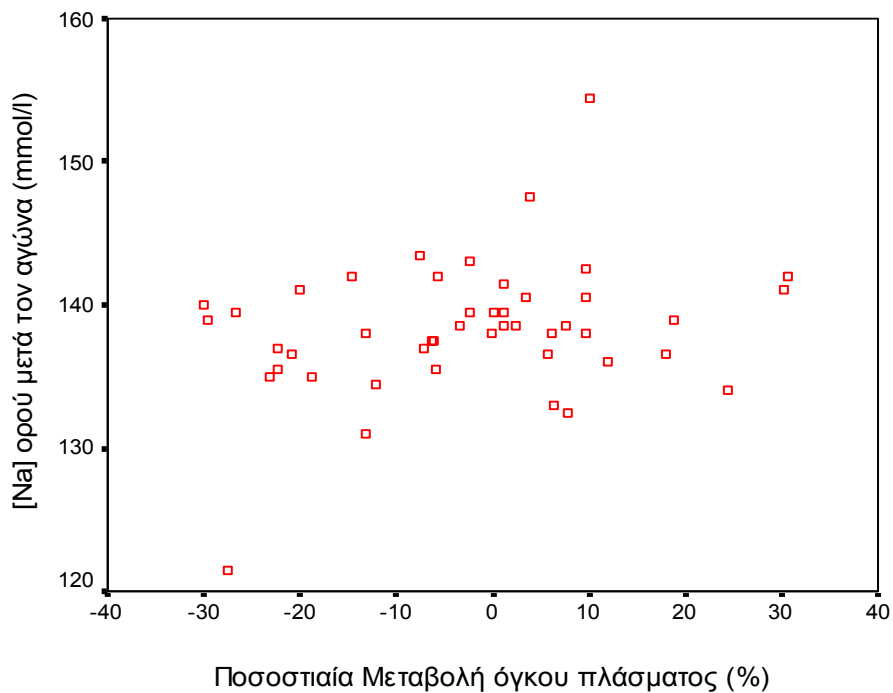
Διερευνήθηκαν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ της [Na] ορού των αθλητών μετά τη λήξη του αγώνα και μεταξύ της πρόσληψης νατρίου μέσω των ποτών και της τροφής, της μεταβολής βάρους μετά τη λήξη του αγώνα, της αλλαγής στον όγκο πλάσματος μετά τη λήξη του αγώνα, της πρόσληψης υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα και του χρόνου τερματισμού των αθλητών. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης νατρίου μέσω της τροφής και των ποτών κατά τη διάρκεια του αγώνα και της [Na] ορού μετά το τέλος του αγώνα ($p=0.683$, διάγραμμα 1). Επιπλέον, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής βάρους μετά τη λήξη του αγώνα και της [Na] ορού μετά το τέλος του αγώνα ($p=0.699$, διάγραμμα 2). Η αλλαγή του όγκου πλάσματος μετά τη λήξη του αγώνα συσχετίστηκε πολύ ασθενώς με τη [Na] ορού ($r=0.267$, $p=0.073$, διάγραμμα 3). Επιπρόσθετα, η [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα δε συσχετίστηκε στατιστικά σημαντικά με την ποσότητα υγρών που προσλήφθηκαν κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.207$, $p=0.107$, διάγραμμα 4). Τέλος, η [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα συσχετίστηκε πολύ ασθενώς με το χρόνο τερματισμού των αθλητών ($r=0.227$, $p=0.076$, διάγραμμα 5)



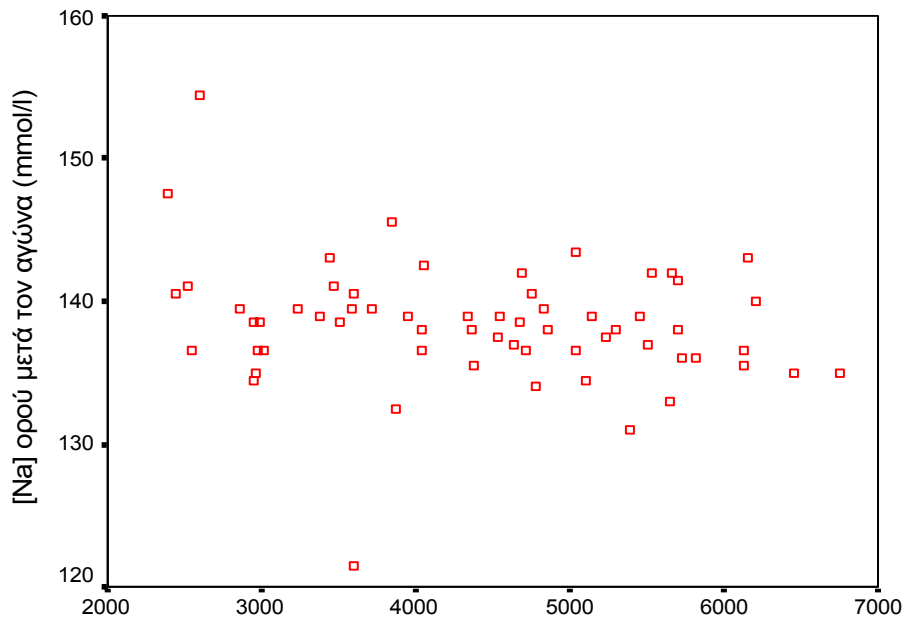
Διάγραμμα 1: Συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τον αγώνα και της πρόσληψης Na κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.05$, $p=0.683$)



Διάγραμμα 2: Συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τον αγώνα και της μεταβολής βάρους κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.05$, $p=0.699$)

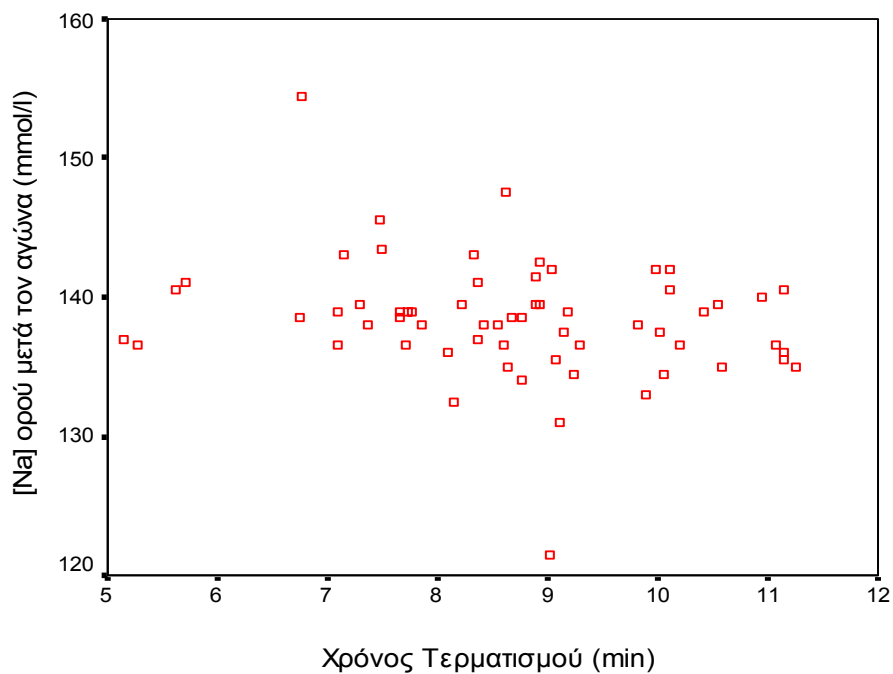


Διάγραμμα 3: Συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τον αγώνα και της ποσοστιαίας μεταβολής όγκου πλάσματος μετά τον αγώνα ($r=0.27$, $p=0.073$)



Πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα (ml)

Διάγραμμα 4: Συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τον αγώνα και του όγκου προσλαμβανομένων υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.207$, $p=0.107$)



Χρόνος Τερματισμού (min)

Διάγραμμα 5: Συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τον αγώνα και του χρόνου τερματισμού των αθλητών ($r=0.227$, $p=0.076$)

4. Συζήτηση

4.1 Κυριότερα Ευρήματα Μελέτης

Το κυριότερο εύρημα της μελέτης ήταν ότι 5 από τους 62 αθλητές στους οποίους μετρήθηκε η συγκέντρωση νατρίου ορού [Na] ορού παρουσίασαν υπονατριάμια (8%), ένας εκ των οποίων κλινική μορφή υπονατριάμιας ([Na]=122 mmol/l). Οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριάμια δε φάνηκε να έχουν στατιστικά σημαντικά μικρότερη απώλεια βάρους από τους νορμονατριάμικούς αθλητές, αν και εμφάνισαν τάση να ολοκληρώνουν τον αγώνα με μικρότερη απώλεια βάρους σε σχέση με τους νορμονατριάμικούς αθλητές και με μικρότερη μείωση του όγκου πλάσματος. Οι υπονατριάμικοί αθλητές δε φάνηκε να προσλαμβάνουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες υγρών ή μικρότερες ποσότητες νατρίου από τους νορμονατριάμικούς αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Σε συνολικό επίπεδο οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα όντας ήπια αφυδατωμένοι έχοντας παρουσιάσει μία απώλεια βάρους της τάξεως του 2,9% επί του σωματικού βάρους πριν την έναρξη του αγώνα και μια μείωση του όγκου πλάσματος κατά 2,7%, ενώ η [Na] ορού των αθλητών παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη λήξη του αγώνα, αν και η μέση [Na] ορού των αθλητών πριν την έναρξη του αγώνα μπορεί να θεωρηθεί χαμηλή. Οι αθλητές ολοκλήρωναν τον αγώνα με σημαντικά μεγαλύτερο αιματοκρίτη, σημαντικά μεγαλύτερη ωσμωτικότητα ορού, σημαντικά χαμηλότερη [K] ορού και σημαντικά αυξημένη ενεργότητα της κρεατινικής κινάσης.

Σημαντική είναι η παρατήρηση αναφορικά με τον όγκο των υγρών αναπλήρωσης των αθλητών και την ποσότητα πρόσληψης Na μέσω των φαγητών και των ποτών κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι αθλητές φάνηκε να καταναλώνουν κατά μέσο όρο 4407 ± 1129 ml (ή 513 ± 130 ml/h) υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα και να προσλαμβάνουν $0,9 \pm 0,7$ g νατρίου ($0,2 \pm 0,2$ g Na/ 1 καταναλισκόμενων υγρών). Αξιίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι αθλητές μπορούσαν να καταναλώσουν μέχρι συγκεκριμένη ποσότητα υγρών ανά σταθμό ανεφοδιασμού, όπως είχε καθοριστεί από τους διοργανωτές, γεγονός που πιθανώς περιορίσει την πρόσληψη υγρών από τους αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα. Ο περιορισμός στην ποσότητα κατανάλωσης υγρών ανά αθλητή επιβαλλόταν, αφού η δυσκολία πρόσβασης στους σταθμούς ανεφοδιασμού είχε σαν αποτέλεσμα τη μικρή διαθεσιμότητα νερού και αθλητικού ποτού.

4.2 Σύνολο Αθλητών

Η ακριβής καταγραφή των ποσοτήτων και της ποιότητας των καταναλισκόμενων από τους αθλητές ποτών και φαγητών δίνει στη μελέτη μας ιδιαίτερη βαρύτητα καθώς η φύση και η διάρκεια του αγωνίσματος καθιστούν δύσκολη την προσπάθεια αυτή. Οι μελέτες που έχουν καταγράψει τις ποσότητες κατανάλωσης υγρών σε υπερμαραθώνιους αγώνες είναι λίγες και ακόμη λιγότερες αυτές που έχουν καταγράψει την πρόσληψη φαγητού υπό αγωνιστικές συνθήκες [20, 91].

4.2.1 Πρόσληψη Υγρών

Στη δική μας μελέτη οι αθλητές προσελάμβαναν 4407 ± 1129 ml συνολικά κατά τη διάρκεια του αγώνα κατά μέσο όρο. Η πρόσληψη υγρών ανά ώρα ως μέσος όρος των αθλητών ανήλθε σε 513 ± 130 ml/h. Οι ποσότητες αυτές κατανάλωσης είναι εντός του εύρους τιμών που προτείνονται από τον Noakes στο Position Statement [89] αναφορικά με την κατανάλωση υγρών σε μαραθώνιους αγώνες όπου συστήνεται πρόσληψη υγρών από 400 έως 800 ml, ωστόσο μικρότερες από αυτές που προτείνονται από το Position Statement του ACSM (Αμερικανικό Κολλέγιο Αθλητικής) [90] αναφορικά με άσκηση διάρκειας πάνω από 1 ώρα όπου η σύσταση είναι 600-1200 ml/h. Η Rehrer [53], σε ανασκόπηση της προτείνει κατανάλωση υγρών 700 ml για άσκηση μέσης διάρκειας 8 ωρών. Ωστόσο, ο Levine [67] σε ανασκόπηση του προτείνει ότι οι αθλητές σε γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας είναι προτιμότερο να καταναλώνουν υγρά σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας και αμφισβητεί τις υπάρχουσες συστάσεις τονίζοντας ότι οι αργοί αθλητές πιθανώς να καλύπτουν τις ανάγκες αναπλήρωσης υγρών με κατανάλωση μικρότερη από 800 ml/h. Με την παραπάνω πρόταση συμφωνούν και δημοσιεύσεις των Speedy et al [22, 24], που συστήνουν πρόσληψη υγρών με ρυθμό 500 ml/h σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας ειδικά για τους αργούς αθλητές.

Η μέση πρόσληψη υγρών που καταγράφηκε στη μελέτη μας ομοιάζει ή είναι μικρότερη σε σχέση με άλλες δημοσιευμένες μελέτες καταγραφής πρόσληψης υγρών σε υπερμαραθώνιους. Οι Fallon et al [91], αναφέρουν ότι σε υπερμαραθώνιο απόστασης 100 km με μέσο χρόνο τερματισμού 10 ώρες και 29 λεπτά οι αθλητές κατανάλωσαν κατά μέσο όρο 5,7 l υγρών με μέσο ρυθμό 540 ml/h. Αντίστοιχα, οι Rogers et al [20], κατέγραψαν μέσο ρυθμό πρόσληψης υγρών της τάξης των 737 ml/h

σε αγώνα υπερτρίαθλου (21 km κανό, 97 km ποδηλασία, 42 km τρέξιμο). Παρόμοιο ρυθμό αναπλήρωσης υγρών σημειώνουν και οι Speedy et al [46], της τάξεως των 716 ml/h σε υπερτρίαθλο (3.8 km κολύμβηση, 180 km ποδηλασία και 42.2 km τρέξιμο) με μέσο χρόνο τερματισμού 12,4 ώρες. Επιπλέον, οι Hew et al [31], σε μαραθώνιο αγώνα κατέγραψαν πολύ υψηλές προσλήψεις υγρών, 49 και 28 ποτηριών για νορμονατριμικούς και υπονατριμικούς άνδρες αθλητές αντίστοιχα, όμως πιθανά σφάλματα μπορεί να προκύπτουν από το γεγονός ότι οι ποσότητες αυτές δηλώθηκαν από τους αθλητές και δεν υπήρξε άμεση μέτρηση. Σε άλλη μία καταγραφή ποσοτήτων κατανάλωσης υγρών σε υπερμαραθώνιο αγώνα (180 km τρέξιμο) οι Glace et al [87], καταγράφουν μέση πρόσληψη υγρών 19.4 ± 8.1 ή 700 ml/h με μέσο χρόνο τερματισμού 26.2 ώρες, με τον περιορισμό της αυτοκαταγραφής από τους αθλητές να ισχύει και για τη συγκεκριμένη μελέτη. Τέλος, σε μελέτη των Rehrer et al [101], που ομοιάζει πολύ με τη δικής μας μελέτη, αναφορικά με τις συνθήκες, το υψόμετρο και τη διανυόμενη απόσταση, οι συγγραφείς αναφέρουν μέση πρόσληψη υγρών 3290 ml ή 387 ml/h, με μέση διάρκεια αγώνα 8 ώρες και 18 λεπτά για τους άνδρες αθλητές και 8 ώρες και 56 λεπτά για τις γυναίκες αθλήτριες.

Η σχετικά χαμηλή πρόσληψη υγρών που καταγράφηκε στη μελέτη μας σχετίζεται με την ενημέρωση των αθλητών σχετικά με τους κινδύνους της υπερυδάτωσης και με τη σχετικά χαμηλή διαθεσιμότητα υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι αθλητές μπορούσαν να πίνουν μόνο στους σταθμούς ανεφοδιασμού και οι διοργανωτές προέβλεπαν έως πόσα ποτήρια μπορεί να πει ο κάθε αθλητής. Οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα όντας ήπια αφυδατωμένοι, με μέση απώλεια βάρους της τάξεως του 2,9% και με μέση μείωση του όγκου πλάσματος κατά 2,7%. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Montain et al [54], ένας αθλητής που ολοκληρώνει έναν αγώνα διάρκειας πάνω από 4 ώρες έχει χάσει 2-3% του αρχικού του σωματικού βάρους χωρίς να είναι όμως αφυδατωμένος. Η απώλεια βάρους αυτή οφείλεται στην οξείδωση υδατανθράκων, λίπους και πρωτεΐνης που επέρχεται κατά τη διάρκεια του αγώνα χωρίς να μειώνεται το συνολικό νερό σώματος. Επιπλέον, η μεταβολική παραγωγή νερού από τη διάσπαση του γλυκογόνου αυξάνει το συνολικά σωματικά υγρά των αθλητών. Η πρόταση αυτή επιβεβαιώνεται και από τους Speedy et al [21, 24], που υποστηρίζουν ότι ένας αθλητής μετά από αγώνα τρίαθλου μπορεί να χάσει περίπου 2,5% σωματικού βάρους χωρίς να θεωρείται αφυδατωμένος. Εξάλλου, η ήπια αυτή αφυδάτωση δε φαίνεται να επηρέασε την απόδοση των αθλητών της μελέτης μας.

4.2.2 Επίπεδα Ηλεκτρολυτών

Αποτέλεσμα της σχετικά χαμηλής πρόσληψης υγρών είναι πιθανώς η συντήρηση των επιπέδων Na ορού μετά τη λήξη του αγώνα σε προαγωνιστικά επίπεδα, αφού οι αθλητές της μελέτης μας δεν υπερκατανάλωσαν υγρά ώστε να αραιώσουν τα ιόντα Na^+ στο αίμα τους. Οι εθελοντές ουσιαστικά συντήρησαν τα αρχικά επίπεδα νατρίου ορού (μέση συγκέντρωση πριν 139 ± 3 mmol/l και μέση συγκέντρωση μετά 138 ± 4 mmol/l). Σε κάποιες μελέτες με παρόμοιο σχεδιασμό, οι αθλητές ολοκλήρωναν τους αγώνες παρατεταμένης διάρκειας με αμετάβλητη ή μικρή μείωση (συνήθως όχι στατιστικά σημαντική) στη [Na] ορού ή πλάσματος. Σύμφωνα με τους Kratz et al [102], μετά από ένα κλασικό μαραθώνιο τα άτομα με μέσο χρόνο τερματισμού 4 ώρες εμφάνισαν μια μείωση της [Na] από 142.4 ± 1.6 mmol/l πριν τον αγώνα σε 141.5 ± 4.0 mmol/l αυτή μετά τον αγώνα. Επιπλέον, οι Glace et al [87], αναφέρουν ότι μετά από 26.2 $\pm$ 0.4 ώρες πορείας οι αθλητές της μελέτης τους είχαν χαμηλότερα επίπεδα νατρίου (143 mmol/l πριν και 140 mmol/l μετά). Αντίστοιχα, οι Stuempfle et al [75], παρατήρησαν μείωση της [Na] από 140.8 ± 1.2 mmol/l σε 138.4 mmol/l μετά από 38.2 $\pm$ 7.4 h. Οι παραπάνω μελέτες καταγράφουν μειώσεις [Na] ορού σε αθλήματα μικρότερης ή αρκετά μεγαλύτερης διάρκειας σε σχέση με το Μαραθώνιο του Ολύμπου. Σε μια μελέτη από τους Speedy et al, σε αγώνα υπερτριάθλου μέσης διάρκειας 12.3 ωρών τα επίπεδα νατρίου των αθλητών μειώθηκαν από 140 mmol/l σε 138 mmol/l. Αντιθέτως, οι Sharwood et al [41], κατέγραψαν μετά από 757 $\pm$ 99 min, αύξηση στη [Na] πλάσματος από 141.2 ± 1.5 mmol/l πριν σε 141.8 ± 3.1 mmol/l μετά τη λήξη του αγώνα. Άξια σχολιασμού αποτελεί η μέση τιμή της [Na] ορού της μελέτης μας προαγωνιστικά. Η μέση τιμή των 139 mmol/l είναι σχετικά μειωμένη και υποδεικνύει πιθανή υπερυδάτωση των αθλητών πριν την έναρξη του αγώνα, τακτική που χρησιμοποιείται συχνά από τους αθλητές με σκοπό τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και αποφυγή της αφυδάτωσης κατά τη διάρκεια του αγώνα. Θεωρητικά, με δεδομένη τη σχετικά χαμηλή τιμή [Na] με την οποία ξεκίνησαν τον αγώνα οι αθλητές, ο κίνδυνος για πιθανές υπονατριαιμίες θα έπρεπε να είναι αυξημένος, αλλά στη δική μας μελέτη ο κίνδυνος αυτός δεν επιβεβαιώθηκε.

Η [Na] ορού των αθλητών μετά το τέλος του αγώνα δε συσχετίστηκε με την πρόσληψη νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.053$), ούτε με τη μεταβολή βάρους των αθλητών μετά τον αγώνα ($r=0.050$). Αντίθετα, εμφανίστηκε ασθενής

θετική συσχέτιση μεταξύ της [Na] ορού μετά τον αγώνα και της μεταβολής του όγκου πλάσματος μετά τη λήξη του αγώνα ($r=0.267$).

Αναφορικά με τη συγκέντρωση καλίου στον ορό, αυτή φάνηκε να μειώνεται σημαντικά μετά τη λήξη του αγώνα από αρχική μέση τιμή 5.1 ± 0.8 mmol/l σε μεταγωνιστική μέση τιμή 4.7 ± 0.5 mmol/l. Το εύρημα αυτό προξενεί εντύπωση καθώς, τα επίπεδα καλίου μετά από άσκηση παρατεταμένης διάρκειας συνήθως δε μεταβάλλονται. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, για να προκληθεί σημαντική μείωση στη [K] ορού μετά από άσκηση θα πρέπει ο αθλητής να ολοκληρώσει τον αγώνα σοβαρά αφυδατωμένος, καθώς οι απώλειες καλίου διαμέσου του ιδρώτα είναι σχετικά μικρές [53]. Ακόμα και χωρίς χορήγηση συμπληρώματος καλίου από σκεύασμα, τα επίπεδα καλίου παραμένουν σταθερά μετά την άσκηση [101, 103]. Ωστόσο, ένας πιθανός μηχανισμός που παρουσιάστηκε από τους Armstrong et al [104], προτείνει ότι όταν η απέκκριση Na^+ διαμέσου των ούρων μειώνεται τότε η απέκκριση K^+ από τα ούρα αυξάνεται. Επιπλέον, η αύξηση των ενδοκυτταρικών αποθεμάτων νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης, μπορεί να προκαλέσει ωσμωτική μετακίνηση ιόντων K^+ ενδοκυτταρικά και άρα συνεπακόλουθη μείωση των ιόντων K^+ στην κυκλοφορία.

4.2.3 Δείκτες Αφυδάτωσης

Ο αιματοκρίτης των αθλητών της παρούσας μελέτης αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά μετά τον τερματισμό ($p=0.003$). Η μέση τιμή πριν την έναρξη του αγώνα ήταν 41.8 ± 4.3 % και η μέση τιμή μετά ήταν 43.7 ± 3.3 %. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με ευρήματα προγενέστερων μελετών. Οι Maron et al [7], στα δεδομένα της μελέτης τους παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση του αιματοκρίτη σε αθλητές που διαγωνίστηκαν σε κλασικό μαραθώνιο, ενώ παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε άλλες έρευνες αναφορικά με τη μεταβολή του αιματοκρίτη προκαλούμενη από συμμετοχή σε μαραθώνιο [13, 101]. Αντιθέτως, υπάρχουν και μελέτες όπου ο αιματοκρίτης μετά από άσκηση παρατεταμένης διάρκειας μειώνεται. Οι Speedy et al [46], αναφέρουν μεταγωνιστική πτώση του αιματοκρίτη κατά 2,5%, ενώ το εύρημα αυτό υποστηρίζουν και άλλες μελέτες σε αγωνίσματα παρόμοιας φύσης [24, 102, 105]. Οι αυξημένες μεταγωνιστικές τιμές του αιματοκρίτη συμβαδίζουν με μείωση του όγκου πλάσματος των αθλητών, καθώς ο αιματοκρίτης αποτελεί ένδειξη της διάλυσης του στο αίμα [7]. Συνεπώς, η αύξηση του μέσου

αιματοκρίτη των αθλητών μετά τη λήξη του αγώνα στην παρούσα μελέτη είναι φυσιολογική, συνυπολογίζοντας το γεγονός της μέσης μείωσης του όγκου πλάσματος κατά 2,71%, η οποία προκαλείται από τη ήπια αφυδάτωση των αθλητών.

Ο μειωμένος όγκος πλάσματος μετά από αγώνα παρατεταμένης διάρκειας σχετίζεται με σημαντική απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια του αγώνα και αφυδάτωση [71, 92]. Στις περισσότερες μελέτες όπου οι αθλητές ολοκλήρωναν το αγώνισμα όντας αφυδατωμένοι σε σοβαρό βαθμό, ο όγκος πλάσματος εμφανίζεται σημαντικά μειωμένος [13, 43, 46]. Στη δική μας μελέτη οι αθλητές ολοκλήρωναν τον αγώνα με μικρή αφυδάτωση (μέση απώλεια βάρους 2,9%), έτσι ο όγκος πλάσματος εμφανίστηκε ελαφρώς μειωμένος ($-2,7 \pm 14,9\%$), χωρίς η μείωση του να φτάνει σε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας. Σε μελέτη των Rehner et al, όπου οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα με παρόμοια απώλεια βάρους ($-3,5\%$), η μείωση στον όγκο του πλάσματος ήταν 8,3% [101].

Στα αποτελέσματα της μελέτης μας φαίνεται ότι η ωσμωτικότητα ορού μετά το τέλος της άσκησης αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ($p=0.000$). Η μέση τιμή της πριν ήταν 290 ± 3 mmol/kg και μετά 294 ± 6 mmol/kg. Η αυξημένη ωσμωτικότητα μετά το τέλος μιας αθλητικής προσπάθειας έχει συνδεθεί με αφυδάτωση ή/ και με μειωμένη αποβολή νατρίου διαμέσου των ούρων και της εφίδρωσης [53, 71, 104]. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι αθλητές της μελέτης μας συντήρησαν σταθερά τα επίπεδα του νατρίου ορού μετά τη λήξη της άσκησης, ενώ εμφανίστηκαν ηπίως αφυδατωμένοι, το εύρημα αυτό είναι λογικό και συμφωνεί με τα προαναφερθέντα ευρήματα της αύξησης του αιματοκρίτη και της τάσης μείωσης του όγκου πλάσματος. Συμπερασματικά, από τις μετρήσεις αίματος στους αθλητές της μελέτης μας, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι αθλητές ολοκλήρωναν τον αγώνα όντας ήπια αφυδατωμένοι. Η αυξημένη ωσμωτικότητα ορού μετά τη λήξη της άσκησης αποτελεί την πιο αξιόπιστη ένδειξη αφυδάτωσης [104]. Επιπλέον, η αύξηση του μέσου αιματοκρίτη, καθώς και η μείωση του όγκου πλάσματος συνηγορούν στην ύπαρξη μιας σχετικής αφυδάτωσης.

4.2.4. Γλυκόζη και Ενεργότητα Κρεατινικής Κινάσης

Αναφορικά με τη συγκέντρωση γλυκόζης [Glu] στο αίμα των αθλητών, παρουσιάστηκε τάση μείωσης μετά τη λήξη του αγώνα (94.6 ± 19.1 mg/dl πριν και 89.2 ± 29.4 mg/dl μετά), χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να φτάσει επίπεδα στατιστικής

σημαντικότητας. Η [Glu] στο αίμα των αθλητών που εμπλέκονται σε άσκηση παρατεταμένης διάρκειας εμφανίζεται άλλοτε μειωμένη [13, 91] και άλλοτε αυξημένη μετά το τέλος του αγωνίσματος [8, 71, 102], ενώ άλλες φορές παραμένει σταθερή [7, 9]. Η μεταγωνιστική συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα ενός αθλητή μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη στρατηγική αναπλήρωσης υδατανθράκων και με την εξάντληση του γλυκογόνου που επέρχεται λόγω της άσκησης.

Τέλος, η ενεργότητα της κρεατινικής κινάσης εμφανίζεται φυσιολογικά αυξημένη (πριν 162 ± 112 U/L και μετά 1012 ± 821 U/L) με $p=0.000$. Η αύξηση αυτή αντικατοπτρίζει κάποιου βαθμού ραβδομύωση και μυϊκή αποδόμηση που ακολουθεί μια σημαντική και επίπονη προσπάθεια [102], όπως ο μαραθώνιος του Ολύμπου.

4.2.5 Συνολική Πρόσληψη Θρεπτικών Συστατικών

Η πρόσληψη υδατανθράκων στη μελέτη μας ανήλθε σε 261 ± 105 κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια της άσκησης ή σε $30,6 \pm 12,9$ g/h. Σύμφωνα με το Position Stand του Αμερικανικού Κολλεγίου Αθλητικής [90], οι αθλητές που συμμετέχουν σε αγώνισμα διάρκειας πάνω από μία ώρα πρέπει να προσλαμβάνουν υδατάνθρακες με ρυθμό 30-60 g/h ώστε να διατηρείται η οξείδωση υδατανθράκων σε επιθυμητά επίπεδα και να καθυστερεί η εμφάνιση κόπωσης. Οι αθλητές της μελέτης βρίσκονταν εντός των ορίων της σύστασης αυτής για βέλτιστη απόδοση σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας. Η μόνη μελέτη στην οποία έχει καταγραφεί η πρόσληψη υδατανθράκων σε αγώνισμα παρόμοιας φύσεως είναι του Fallon et al [91], σε αθλητικό γεγονός μέσης διάρκειας 10 ωρών και 27 λεπτών με μέσο ρυθμό πρόσληψης υδατανθράκων 21,1 g/h. Η πρόσληψη ενέργειας μέσω των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης αντικατόπτριζε το 69,6% της συνολικής πρόσληψης ενέργειας. Η βέλτιστη πρόσληψη υδατανθράκων από τους αθλητές της μελέτης μας πιθανώς να τους βοήθησε στην καθυστέρηση της εξάντλησης των αποθεμάτων γλυκογόνου και της εμφάνισης κόπωσης.

Η μέση πρόσληψη ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης στη μελέτη μας ανήλθε σε 1498 ± 690 kcal. Ο ρυθμός πρόσληψης ενέργειας από τους αθλητές ήταν 173 ± 74 kcal/h με το 69,6% των θερμίδων να προέρχεται από υδατάνθρακες και το υπόλοιπο 30,4% από πρωτεΐνες και λιπίδια. Η μέση πρόσληψη ενέργειας από τους εθελοντές της παρούσας έρευνας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που

παρατηρήθηκε από τους Fallon et al [91], σε αθλητικό γεγονός μέσης διάρκειας 10 ωρών και 27 λεπτών όπου οι αθλητές είχαν μέση πρόσληψη 1003 kcal ή μέσο ρυθμό πρόσληψης ίσο με 96 kcal/h. Αντιθέτως, οι Glace et al [88], αναφέρουν σε δημοσίευση τους μέσο ρυθμό πρόσληψης ενέργειας της τάξεως των 248 kcal/h, σε αγώνισμα μέσης διάρκειας 24,3 ωρών (υπερμαραθώνιος 160 km). Ωστόσο, η μέση διάρκεια του αγωνίσματος που μελέτησαν οι Glace et al, ήταν πολύ μεγαλύτερη από τη μέση διάρκεια του μαραθωνίου του Ολύμπου και πιθανώς οι μέσες προσλήψεις ενέργειας να μην είναι συγκρίσιμες. Οι αθλητές στον μαραθώνιο του Ολύμπου παρουσίασαν ικανοποιητικό ρυθμό πρόσληψης υδατανθράκων και ενέργειας κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας, σύμφωνα με τις συστάσεις του Αμερικανικού Αθλητικού Συλλόγου για αγωνίσματα παρατεταμένης διάρκειας [90], γεγονός που πιθανώς να οδήγησε στη βελτιστοποίηση της απόδοσης τους και στην καθυστέρηση της εμφάνισης κοπώσεως.

Όσον αφορά στην πρόσληψη Na κατά τη διάρκεια του αγώνα από τους αθλητές, σημειώθηκε μέση τιμή $0,9 \pm 0,7$ g νατρίου ή $0,2 \pm 0,2$ g Na/ l καταναλισκόμενων υγρών. Η τιμή πρόσληψης αυτή ήταν χαμηλότερη από αυτήν που προτείνεται για αγωνίσματα παρατεταμένης διάρκειας [90]. Η προτεινόμενη από τον Αμερικανικό Σύλλογο Αθλητικής ποσότητα ανέρχεται σε 0.5-0.7 g Na/ l καταναλισκόμενων υγρών. Η σχετικά χαμηλή πρόσληψη νατρίου από τους αθλητές δε φάνηκε να συσχετίζεται σημαντικά με την τιμή [Na] ορού μετά τη λήξη του αθλήματος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι αθλητές που συμμετείχαν στο μαραθώνιο του Ολύμπου το 2005, δεν κατανάλωσαν υγρά σε υπερβολή των απωλειών τους και έτσι δεν εμφάνισαν μειωμένα επίπεδα [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα, παρότι η προσλήψεις Na σε σχέση με τα υγρά που καταναλώνονταν ήταν μικρές. Πολύ περιορισμένες προγενέστερες μελέτες έχουν καταγράψει πραγματικές προσλήψεις νατρίου σε αγώνα παρατεταμένης διάρκειας. Οι Glace et al [88], αφού μελέτησαν την πρόσληψη υγρών και θρεπτικών συστατικών σε αγώνα 160 km μέσης διάρκειας 24,3 ωρών, παρέθεσαν μέση πρόσληψη νατρίου 12 g και μέση πρόσληψη υγρών 18 l. Συνεπώς, οι εθελοντές της συγκεκριμένης έρευνας κατανάλωναν 0.67 g Na/l καταναλισκόμενων υγρών. Επιπλέον, η ίδια ερευνητική ομάδα δημοσιεύει αποτελέσματα για αγώνα 160 km κάτω από υπερβολικά ζεστές συνθήκες, σύμφωνα με την οποία οι αθλητές προσελάμβαναν 0.85 g Na/l [87] ποσότητα υψηλότερη σε σχέση με την προτεινόμενη από τις υπάρχουσες συστάσεις για αναπλήρωση απωλειών νατρίου.

4.2.6 Αναλύσεις Ούρων

Οι αθλητές της μελέτης μας όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο της μεθοδολογίας καλούνταν να προσκομίσουν δείγμα ούρων πριν την έναρξη και μετά τη λήξη του αγώνα. Από τις αναλύσεις των δειγμάτων φάνηκε ότι η κρεατινίνη ούρων των αθλητών μετά τη λήξη του αγώνα (254.2 ± 125.3 mg/dl) ήταν σημαντικά αυξημένη ($p=0.000$) σε σχέση με την κρεατινίνη ούρων μετά τη λήξη του αγώνα και το εύρημα αυτό συμφωνεί και με αποτελέσματα προγενέστερων ερευνών [93, 102], όπου η κρεατινίνη ούρων αυξάνεται μετά από παρατεταμένη εξαντλητική άσκηση, πιθανότατα λόγω μυϊκών βλαβών και ίσως λόγω ήπιας αφυδάτωσης. Επιπλέον, στο δείγμα ούρων μετά τη λήξη του αγώνα ανιχνεύθηκε στατιστικά σημαντικά μικρότερη [Na] ($p=0.000$) και στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη [K] ($p=0.000$) μετά τη λήξη του αγώνα σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις προαγωνιστικά. Από τις μεταβολές αυτές στις εκκρίσεις των ηλεκτρολυτών στα ούρα, φαίνεται ότι η νεφρική λειτουργία του οργανισμού σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας αποσκοπεί στην εξοικονόμηση Na^+ και στην όσο δυνατόν μικρότερη αποβολή ιόντων Na^+ μέσω των ούρων. Επιπλέον, η συνεπακόλουθη αύξηση της απέκκρισης K^+ από τα ούρα οφείλεται στην εξισορρόπηση της ποσότητας των αποβαλλόμενων ηλεκτρολυτών σύμφωνα με μηχανισμό που παρουσιάστηκε από τους Armstrong et al [104], ο οποίος εξηγεί και τη μείωση στην [K] ορού που παρουσιάστηκε στους εθελοντές της ερευνάς μας μεταγωνιστικά. Οι Armstrong et al, προτείνουν στο συγκεκριμένο άρθρο ότι σύμφωνα με το μηχανισμό αυτό, υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης υποκαλιαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης άσκησης. Οι Costill et al, σε έρευνα τους σχετικά με την εξοικονόμηση Na^+ από τη νεφρική λειτουργία κατά την άσκηση απέδειξε ότι ένα απλό σετ ασκήσεων μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απέκκριση Na^+ στα ούρα μέχρι και για 48 ώρες [103]. Σε μελέτη όπου μετρήθηκε η απέκκριση Na^+ στα ούρα μετά από άσκηση παρατεταμένης διάρκειας από τους Glace et al [87], οι συγγραφείς πρότειναν ότι μετά από άσκηση μέσης διάρκειας 26,3 ωρών, η [Na] ούρων μειώνεται στατιστικά σημαντικά ($p=0.002$) μετά τη λήξη του αγώνα. Τέλος, η ωσμωτικότητα ούρων παρουσίασε τάση αύξησης μεταγωνιστικά από 723 ± 33 mOsm/kg πριν σε 780 ± 265 mOsm/kg χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική η αύξηση αυτή ($p=0.157$). Η τάση αύξησης της ωσμωτικότητας ούρων μετά τον αγώνα αποτελεί ένδειξη αδυναμίας των νεφρών να αποβάλλουν διαλυμένα ούρα με μικρή ωσμωτικότητα κάτω από συνθήκες παρατεταμένης άσκησης, όπως αναφέρεται και

από τους Armstrong et al [104], πιθανώς λόγω μειωμένης νεφρικής αιμάτωσης ή/ και ανάρμοστης έκκρισης ορμονών που ρυθμίζουν την ισορροπία ηλεκτρολυτών.

4.3 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Υπονατριαιμικών και Νορμονατριαιμικών Αθλητών

4.3.1 Σωματομετρικά Χαρακτηριστικά και ηλικία

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σε αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία (υπονατριαιμικοί αθλητές με $[Na]_{ορού} < 135 \text{ mmol/l}$) και σε αθλητές που δεν εμφάνισαν (νορμονατριαιμικοί αθλητές με $[Na]_{ορού} \geq 135 \text{ mmol/l}$), φάνηκε ότι οι δύο ομάδες αθλητών δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά στην ηλικία ($p=0.683$) και στο ύψος ($p=0.876$). Ωστόσο, οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφάνιζαν τάση να έχουν χαμηλότερο μέσο προαγωνιστικό βάρος ($73.4 \pm 14.0 \text{ kg}$) από τους νορμονατριαιμικούς αθλητές ($74.8 \pm 10.0 \text{ kg}$). Το χαμηλό σωματικό βάρος έχει ενοχοποιηθεί ως πιθανός παράγοντας κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας από προγενέστερες μελέτες [25, 39, 75], καθώς οι αθλητές με χαμηλό σωματικό βάρος απαιτούν μικρότερη υπερκατανάλωση υγρών για να αραιώσουν τα επίπεδα νατρίου τους λόγω του χαμηλότερου όγκου σωματικών υγρών, ενώ επιπλέον οι απώλειες λόγω εφίδρωσης είναι μικρότερες στους υπονατριαιμικούς λόγω της μικρότερης επιφάνειας διαθέσιμης προς εξάτμιση του ιδρώτα. Ένα εκπληκτικό εύρημα από τους Speedy et al [25], αφορά στην παρατήρηση ότι οι αθλητές τριάθλου μεγάλης απόστασης που εμφάνισαν υπονατριαιμία είχαν μέσο σωματικό βάρος 62.5 kg , ενώ οι νορμονατριαιμικοί αθλητές είχαν μέσο σωματικό βάρος 72.0 kg . Ωστόσο, στη μελέτη μας η διαφορά σωματικού βάρους δεν έφτασε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.763$). Περαιτέρω έρευνα απαιτείται ώστε να επιβεβαιωθεί το χαμηλό σωματικό βάρος ως παράγοντας κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας.

4.3.2 Μεταβολή Σωματικού Βάρους

Σχετικά με τη μεταβολή του σωματικού βάρους στις δύο ομάδες, οι υπονατριαιμικοί αθλητές ($-1.1 \pm 2.3 \text{ kg}$ ή $-1.9 \pm 3.4\%$) εμφάνισαν τάση να χάνουν λιγότερο βάρος συγκριτικά με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές ($-2.2 \pm 1.7 \text{ kg}$ ή $-3.0 \pm 2.2\%$) μετά τη λήξη του αγώνα. Οι διαφορές στη μέση μεταβολή σωματικού βάρους και στη μέση ποσοστιαία μεταβολή σωματικού βάρους μετά τον αγώνα δεν

ήταν στατιστικά σημαντικές ($p=0.163$ και $p=0.299$ αντίστοιχα). Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με ευρήματα άλλων ερευνών σχετικά με τη μεταβολή σωματικού βάρους σε υπονατριαιμικούς και νορμονατριαιμικούς αθλητές [4, 14, 31, 38, 39, 79], όπου οι αθλητές με υπονατριαιμία είτε προσελάμβαναν βάρος μετά τη λήξη του αγώνα ή έχαναν λιγότερο βάρος συγκριτικά με τους νορμονατριαιμικούς συναθλητές τους. Συμπερασματικά, οι υπονατριαιμικοί αθλητές της μελέτης μας ολοκλήρωναν τον αγώνα λιγότερο αφυδατωμένοι σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές. Η πρόταση αυτή υποστηρίζεται και από λοιπά αποτελέσματα αναλύσεων που χρησιμοποιούνται ως δείκτες υδάτωσης σε αθλητικά γεγονότα, όπως ο αιματοκρίτης, η μεταβολή όγκου πλάσματος και κυρίως η ωσμωτικότητα ορού μετά τη λήξη του αθλητικού γεγονότος [7, 13]. Ο κυριότερος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας είναι η κατακράτηση υγρών και η διάλυση των ιόντων Na^+ στην περίσσεια σωματικών υγρών [1] και φαίνεται ότι και στην παρούσα έρευνα η υπονατριαιμία των αθλητών είναι διαλυτικής φύσης.

4.3.3 Μεταβολή Όγκου Πλάσματος

Η ποσοστιαία μεταβολή στον όγκο πλάσματος των υπονατριαιμικών αθλητών ήταν μικρότερη (-2.9 ± 14.9 %) σε σχέση με τη μεταβολή στον όγκο του πλάσματος των νορμονατριαιμικών αθλητών (-0.5 ± 20.2 %) όπως μετρήθηκαν από το δείγμα αίματος αμέσως μετά τη λήξη του αγώνα. Η διαφορά στην ποσοστιαία μεταβολή του όγκου πλάσματος δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.299$), όμως οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να ολοκληρώνουν τον αγώνα με μικρότερες μειώσεις στον όγκο πλάσματος. Η μείωση του όγκου πλάσματος μετά από άσκηση παρατεταμένης διάρκειας έχει παρατηρηθεί και από άλλες έρευνες που δημοσιεύθηκαν κατά το παρελθόν και συσχετίστηκε με την αφυδάτωση [13, 16, 91], ενώ σε άλλες μελέτες σε αγωνίσματα παρόμοιας φύσης και διάρκειας ο όγκος του πλάσματος αυξήθηκε [46, 71, 76, 87] ή παρέμεινε σταθερός [92, 101] μετά την άσκηση. Στη διατήρηση ή αύξηση του όγκου πλάσματος μετά από ολοκλήρωση της άσκησης παρατεταμένης διάρκειας παίζει σημαντικό ρόλο η ενδογενής παραγωγή νερού από τη διάσπαση του γλυκογόνου [71]. Το νερό που προέρχεται από τη διάσπαση του γλυκογόνου για παραγωγή ενέργειας κατά την άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των συνολικών σωματικών υγρών, η οποία μπορεί να εξισορροπήσει τις απώλειες σωματικών υγρών διαμέσου του ιδρώτα και της διούρησης. Συμπερασματικά, οι

νορμονατριμικοί αθλητές της μελέτης μας ολοκληρώνοντας τον αγώνα περισσότερο αφυδατωμένοι από τους υπονατριαιμικούς αθλητές επεδείκνυαν μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση στον όγκο πλάσματος, ωστόσο επειδή η μείωση στον όγκο πλάσματος και των 2 ομάδων ήταν σχετικά μικρή, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι αθλητές σε συνολικό επίπεδο ολοκλήρωναν τον αγώνα με ήπια αφυδάτωση.

4.3.4 Αιματοκρίτης

Ο αιματοκρίτης των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών πριν τον αγώνα δε διέφερε (υπονατριαιμικοί: 42.1 ± 1.1 % και νορμονατριαιμικοί: 41.6 ± 4.6 %). Μεταγωνιστικά, οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να παρουσιάζουν μικρότερη αύξηση στον αιματοκρίτη τους ($p=0.712$) και συνυπολογίζοντας ότι ο αυξημένος αιματοκρίτης είναι δείκτης μετασκησιακής αφυδάτωσης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι υπονατριαιμικοί αθλητές ολοκλήρωναν τον αγώνα όντας λιγότερο αφυδατωμένοι. Η πρόταση ότι οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφανίζουν μειωμένο ή λιγότερο αυξημένο αιματοκρίτη από τους νορμονατριαιμικούς αθλητές επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες, οι οποίες κατέδειξαν διαλυτική υπονατριαιμία λόγω υπερυδάτωσης [25, 105].

4.3.5 Ωσμωτικότητα ορού

Η ωσμωτικότητα ορού των αθλητών που εμφάνισαν υπονατριαιμία έτεινε να μειώνεται από 290 ± 4 mmol/kg πριν τον αγώνα σε 288 ± 6 mmol/kg μετά τον αγώνα. Αντιθέτως, η ωσμωτικότητα ορού των νορμονατριαιμικών αθλητών έτεινε να αυξάνεται από 290 ± 3 mmol/kg πριν τον αγώνα σε 295 ± 6 mmol/kg μετά τον αγώνα. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η ωσμωτικότητα ορού ενός ατόμου καθορίζεται κυρίως από τη [Na] ορού, τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με τη [Na] ορού των αθλητών μετά τη λήξη του αγώνα. Οι νορμονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να αυξήσουν τη [Na] ορού μεταγωνιστικά (138.5 ± 2.6 mmol/l πριν και 139.1 ± 3.4 mmol/l μετά), όπως και την ωσμωτικότητα του ορού τους, γεγονός που αποκαλύπτει την ήπια αφυδάτωση τους. Αντίθετα, οι υπονατριαιμικοί αθλητές μείωσαν τη [Na] από 138.0 ± 0.9 mmol/l σε 130.4 ± 5.1 mmol/l μεταγωνιστικά, παράλληλα με μείωση της ωσμωτικότητας του ορού τους, υποδεικνύοντας ότι οι αθλητές αυτοί δεν ήταν ιδιαίτερα αφυδατωμένοι. Σε άλλες σχετικές μελέτες επί μαραθωνίων και υπερμαραθωνίων αθλημάτων η ωσμωτικότητα ορού των αθλητών μπορούσε να αυξηθεί ή να μειωθεί ανάλογα με το

επίπεδο υδάτωσης και ανάλογα με τις απώλειες ηλεκτρολυτών από τον ορό λόγω εφίδρωσης ή νεφρικής απέκκρισης [8, 29, 65, 71, 101, 104].

Η συγκέντρωση καλίου [K] ορού των αθλητών τόσο των νορμονατριαιμικών όσο και των υπονατριαιμικών παρουσίασε πτώση μετά το τέλος της φυσικής δραστηριότητας. Οι μηχανισμοί με τους οποίους μπορεί να μειώνεται η [K] κατά την άσκηση παρατεταμένης διάρκειας αναφέρθηκαν παραπάνω όπως εκφράστηκαν για πρώτη φορά από τους Armstrong et al [104] και αποσκοπούν στη συντήρηση των επιπέδων [Na] στο αίμα σε υψηλά επίπεδα.

4.3.6 Πρόσληψη υγρών

Η μέση πρόσληψη υγρών μεταξύ των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών δε διέφερε σημαντικά με τους υπονατριαιμικούς αθλητές να προσλαμβάνουν κατά μέσο όρο συνολικά 4656 ± 902 ml υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα και τους νορμονατριαιμικούς αθλητές να προσλαμβάνουν κατά μέσο όρο 4388 ± 1149 ml υγρών. Η υπερβολική πρόσληψη υγρών από τους αθλητές σε σχέση με τις αυθόρμητες αποβολές υγρών μέσω της εφίδρωσης και της διούρησης, έχει παρουσιαστεί από τα μέχρι στιγμής επιστημονικά δεδομένα ως ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας [4, 14, 31, 38, 39, 79]. Η [Na] στο αίμα των αθλητών μειώνεται καθώς τα υγρά σώματος αυξάνονται και τα ιόντα Na^+ διαλύονται στην περίσσεια υγρών προκαλώντας διαλυτική υπονατριαιμία. Ωστόσο, υπονατριαιμία μπορεί να παρουσιαστεί και απουσία υπερκατανάλωσης υγρών σε αθλητές που εμφανίζουν υψηλή συγκέντρωση Na^+ στον ιδρώτα [16, 23, 25, 26, 44, 52]. Οι ποσότητες κατανάλωσης υγρών προς αναπλήρωση από τις δύο ομάδες της μελέτης μας θα μπορούσε να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα αναφορικά με πιθανή υπερυδάτωση των υπονατριαιμικών αθλητών κατά τη διάρκεια του αγώνα, ωστόσο ο όγκος πρόσληψης υγρών δεν εμφανίστηκε να διαφέρει ($p=0.370$)

4.3.7. Πρόσληψη Νατρίου

Η επαρκής πρόσληψη νατρίου προς αντικατάσταση των απωλειών Na^+ (εφίδρωση, διούρηση) κατά τη διάρκεια αθλητικού γεγονότος παρατεταμένης διάρκειας έχει υποστηριχθεί ότι μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας ή να μειώσει τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων της όταν αυτή εμφανιστεί [2, 33, 43,

53, 54, 68], ωστόσο κάποιες δημοσιεύσεις δε συμφωνούν με την παραπάνω πρόταση [1, 87]. Στην παρούσα μελέτη η πρόσληψη νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα από τους υπονατριαιμικούς (824 ± 886 mg) και τους νορμονατριαιμικούς αθλητές (858.2 ± 664.9 mg) δε διέφερε σημαντικά ($p=0.915$). Συνεπώς, από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δε μπορεί να επιβεβαιωθεί η πρόταση ότι η επαρκής πρόσληψη νατρίου κατά την άσκηση μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας ή να μειώσει το εύρος διάλυσης του νατρίου στο αίμα, αν και οι περισσότερες σχετικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η κατανάλωση αθλητικού ποτού με υψηλή περιεκτικότητα σε Na^+ καθυστερεί την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε σχέση με κατανάλωση νερού ή αθλητικού ποτού χωρίς Na^+ [2, 33, 43, 53, 54, 68]. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμφωνούν με αυτά από τους Glace et al [87]. Οι αθλητές που συμμετείχαν σε υπερμαραθώνιο 160 km προσέλαβαν μόλις 0,5 g/h νατρίου κατά τη διάρκεια της άσκησης, ωστόσο δεν υπήρχε διαφορά στην πρόσληψη νατρίου μεταξύ των ατόμων που εμφάνισαν συμπτώματα υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια του αγώνα και μεταξύ αυτών που δεν εμφάνισαν.

4.3.8 Μετρήσεις Ούρων

Από τις μετρήσεις ούρων στις δύο ομάδες δε μπορούν να εξαχθούν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, καθώς οι τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών που μετρήθηκαν είναι πολύ μεγάλες, ενώ το δείγμα σχετικά μικρό. Οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφάνισαν σημαντικά μειωμένη κρεατινίνη ούρων 60 ± 39 mg/dl σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές, 133 ± 76 g/dl στο δείγμα πριν την έναρξη του αγώνα ($p=0.039$). Η χαμηλή κρεατινίνη ούρων των αθλητών που εμφάνισαν αργότερα υπονατριαιμία μπορεί να οφείλεται σε προαγωνιστική υπερυδάτωση των υπονατριαιμικών αθλητών [16].

Στις υπόλοιπες μεταβλητές που μετρήθηκαν μπορούν να παρατηρηθούν οι εξής τάσεις:

- 1) Οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να απεκκρίνουν μικρότερες ποσότητες νατρίου διαμέσου των ούρων (43 ± 16 mmol/l) σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές (78 ± 39) μετά τη λήξη του αγώνα. Πιθανώς, η νεφρική λειτουργία των αθλητών που εμφάνισαν υπονατριαιμία προστάτευσε τους αθλητές από περαιτέρω μείωση της $[\text{Na}]$ ορού μέσω της μειωμένης

απέκκρισης Na^+ από τα ούρα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αυτά προγενέστερης έρευνας [87].

- 2) Η απέκκριση K^+ στα ούρα από τους αθλητές με υπονατριαιμία ήταν ελαφρώς αυξημένη ($85 \pm 34 \text{ mmol/l}$) σε σχέση με την απέκκριση K^+ στα ούρα των νορμονατριμικών αθλητών ($82 \pm 38 \text{ mmol/l}$). Σύμφωνα με μηχανισμό που παρουσιάστηκε από τους Armstrong et al [104], όταν η απέκκριση Na^+ διαμέσου των ούρων μειώνεται τότε η απέκκριση K^+ από τα ούρα αυξάνεται και άρα τα αποτελέσματα στις απεκκρίσεις K^+ ούρων για τους αθλητές της μελέτης μας είναι δικαιολογημένα, χωρίς όμως να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απέκκριση K^+ στα ούρα μεταξύ των δύο ομάδων ($p=0.888$)
- 3) Η ωσμωτικότητα ούρων των υπονατριμικών αθλητών μετά τη λήξη του αγώνα είναι σχετικά μειωμένη ($637 \pm 45 \text{ mmol/kg}$) συγκριτικά με αυτή των νορμονατριμικών αθλητών ($775 \pm 273 \text{ mmol/kg}$), με τη νεφρική λειτουργία να κατευθύνεται προς εξοικονόμηση ηλεκτρολυτών στους υπονατριμικούς αθλητές προκειμένου να αποτραπεί η διάλυση των ιόντων Na^+ στον ορό. Τα ευρήματα αυτά για μειωμένη ωσμωτικότητα και μειωμένη $[\text{Na}]$ ούρων σε υπονατριμικούς αθλητές συμφωνούν με άλλα παρόμοιων μελετών [52, 76]. Ωστόσο, σε μελέτη περιστατικών πολύ σοβαρής υπονατριαιμίας από τους Zelinger et al [69], οι αποβολές Na^+ διαμέσου των ούρων παρουσιάστηκαν αυξημένες και πιθανώς συνδέονται με αναστολή της φυσιολογικής λειτουργίας των νεφρών λόγω της υπερφόρτισης σε υγρά των συγκεκριμένων αθλητών.

Συμπερασματικά, φαίνεται πως η νεφρική λειτουργία των υπονατριμικών αθλητών της μελέτης μας δρούσε προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης Na^+ , ώστε να αποφευχθεί η περαιτέρω μείωση της $[\text{Na}]$ στον ορό. Κατά αυτόν τον τρόπο εξηγείται η σχετικά μειωμένη απέκκριση Na^+ από τα ούρα και η σχετικά μειωμένη ωσμωτικότητα ούρων των υπονατριμικών αθλητών μετά τη λήξη του Μαραθωνίου του Ολύμπου.

4.4 Αποτελεί το γυναικείο Φύλο Παράγοντα κινδύνου Εμφάνισης Υπονατριαιμίας;

Από τους 62 εθελοντές στους οποίους μετρήθηκε η [Na] ορού πριν και μετά την άσκηση, οι 5 ήταν γυναίκες. Από τους 5 αθλητές που εμφάνισαν [Na] ορού < 135 mmol/l μετά την άσκηση, η 1 ήταν γυναίκα. Συνεπώς, ο κίνδυνος εμφάνισης υπονατριαιμίας στην έρευνα μας ήταν 1:5 για γυναίκα αθλήτρια, ενώ για άνδρες αθλητές ο κίνδυνος εμφάνισης υπονατριαιμίας ήταν 4:57. Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας, οι γυναίκες αθλήτριες εμφάνισαν τάση να αναπτύσσουν ευκολότερα υπονατριαιμία, σε συμφωνία με άλλες παρελθοντικές μελέτες [24, 31, 35, 38, 39, 57, 75]. Λαμβάνοντας υπόψιν τις υπάρχουσες ενδείξεις οι γυναίκες πιθανώς να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο υπονατριαιμίας σε άθλημα παρατεταμένης διάρκειας λόγω μικρότερης σωματικής μάζας και εξαιτίας μεγαλύτερου χρόνου τερματισμού, και όχι λόγω του φύλου καθαυτού. Επιπλέον, η συμπεριφοριστική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς οι γυναίκες ίσως τείνουν να υιοθετούν αυστηρότερα τις συστάσεις για επανυδάτωση σε παρατεταμένα αθλήματα. Τέλος, η επίδραση των οιστρογόνων στην ωσμωτική ρύθμιση των υγρών σώματος [24, 31, 35, 38, 39, 57, 75], μπορεί να επιδρά στην κατακράτηση υγρών που μπορεί να προκαλέσει διαλυτική υπονατριαιμία σε γυναίκες. Ωστόσο, αναφορικά με τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας, δε μπορεί να εξαχθεί με βεβαιότητα το συμπέρασμα ότι οι γυναίκες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας, καθώς οι γυναίκες στο δείγμα μας ήταν λίγες και υπό αυτές τις συνθήκες δε μπορούν να εξασφαλιστούν στατιστικά ισχυρά συμπεράσματα.

4.5 Αποτελεί ο αργός ρυθμός αγώνα Παράγοντα κινδύνου Εμφάνισης Υπονατριαιμίας;

Από τους χρόνους τερματισμού των διαγωνιζόμενων αθλητών που δημοσιεύτηκαν από τους διοργανωτές του Μαραθωνίου του Ολύμπου, εξήχθησαν τα ακόλουθα αποτελέσματα: οι αθλητές που εμφάνισαν υπονατριαιμία είχαν μέσο χρόνο τερματισμού 539 ± 38 λεπτά, ενώ οι νορμονατριαιμικοί αθλητές 519 ± 92 . Συνεπώς, φαίνεται ότι οι υπονατριαιμικοί αθλητές εμφάνισαν τάση τερματισμού σε μεγαλύτερους χρόνους σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς συναθλητές τους. Η διαφορά στους χρόνους τερματισμού δεν έφτασε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.635$), πιθανότατα λόγω των μεγάλων τυπικών αποκλίσεων.

Προγενέστερες έρευνες αναφέρουν τάση διαφοράς ή σημαντική διαφορά μεταξύ των χρόνων τερματισμού των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών, υποδεικνύοντας ότι οι αργοί αθλητές διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να παρουσιάσουν υπονατριαιμία [14, 31, 38, 39]. Η πρόταση αυτή εξηγείται καθώς οι αργοί αθλητές τρέχουν για περισσότερη ώρα και άρα, εάν ενθαρρύνονται να καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες υγρών παρόμοιες με αυτές που καταναλώνουν οι γρήγοροι αθλητές (π.χ. 1 l/h), τότε στη λήξη του αγώνα θα εμφανίσουν σημαντική υπερυδάτωση [14]. Περαιτέρω διερεύνηση απαιτείται πριν τη σαφή επιβεβαίωση ή απόρριψη του αυξημένου χρόνου τερματισμού ως παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας.

4.6 Ποια η πιθανή αιτιολογία της εμφάνισης υπονατριαιμίας στην παρούσα μελέτη;

Η υπερβολική πρόσληψη υγρών από τους αθλητές σε σχέση με τις αυθόρμητες αποβολές υγρών μέσω της εφίδρωσης και της διούρησης έχει παρουσιαστεί από τα μέχρι στιγμής επιστημονικά δεδομένα ως ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας εμφάνισης υπονατριαιμίας σε αθλητικά γεγονότα παρατεταμένης διάρκειας [4, 14, 31, 38, 39, 79]. Ωστόσο, οι υπονατριαιμικοί αθλητές στη μελέτη μας προσέλαβαν κατά μέσο όρο ελαφρώς μεγαλύτερες ποσότητες υγρών σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές (4656 ± 902 ml και 4388 ± 1149 ml αντίστοιχα), ωστόσο η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0.370$). Συνεπώς, η υπερπρόσληψη υγρών δε φαίνεται να αποτελεί αιτιολογικό παράγοντα εμφάνισης υπονατριαιμίας στην παρούσα έρευνα. Παρότι, οι νορμονατριαιμικοί αθλητές και οι υπονατριαιμικοί αθλητές προσελάμβαναν σχεδόν ίσες ποσότητες υγρών κατά μέσο όρο, εντούτοις παρουσίασαν μεγαλύτερη ποσοστιαία απώλεια βάρους στον τερματισμό ($-3.0 \pm 2.2\%$) σε σχέση με τους υπονατριαιμικούς αθλητές (-1.9 ± 3.4). Ένας πιθανός μηχανισμός εξήγησης του φαινομένου αυτού είναι η αναστολή της φυσιολογικής νεφρικής λειτουργίας (λόγω μειωμένης αιμάτωσης των νεφρώνων και μείωση του ρυθμού σπειραματικής διήθησης) των υπονατριαιμικών αθλητών και η συνεπακόλουθη μειωμένη παραγωγή ούρων με αποτέλεσμα τη διάλυση των ιόντων Na^+ στην περίσσεια σωματικών υγρών. Η αύξηση των σωματικών υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης δεν είναι απαραίτητο να προέρχεται από υπερβολική εξωγενή πρόσληψη υγρών αλλά και από τη μεταβολική παραγωγή νερού

μέσω της διάσπασης του γλυκογόνου. Σύμφωνα με τη Weschler [33], η ενδογενής αυτή παραγωγή νερού μπορεί να φτάσει τα 3-4 g νερού ανά 1 g γλυκογόνου. Συνεπώς η παραγωγή νερού μπορεί να φτάνει και τα 600 g νερού κατά τη διάρκεια του αγώνα, ποσότητα διόλου ευκαταφρόνητη. Ανάρμοστες ορμονικές εκκρίσεις μπορεί να συνέβαλαν στην επιδείνωση της κατακράτησης υγρών, πέρα από την πιθανή νεφρική δυσλειτουργία. Η ADH, η αλδοστερόνη και το ANP είναι 3 ορμόνες των οποίων τα επίπεδα πιθανώς να παίζουν ρόλο στην κατακράτηση υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης και στην παθογένεση της υπονατριαιμίας [1, 56, 68].

Ο πιθανός ρόλος της αυξημένης αποβολής Na^+ διαμέσου του ιδρώτα στα συγκεκριμένα άτομα δεν πρέπει να αγνοηθεί. Ωστόσο, είναι μάλλον απίθανο οι υπονατριαιμικοί αθλητές να παρήγαγαν μεγαλύτερες ποσότητες ιδρώτα σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς αθλητές, αφού ενώ τόσο οι υπονατριαιμικοί όσο και οι νορμονατριαιμικοί αθλητές προσελάμβαναν τις ίδιες περίπου ποσότητες υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα οι αθλητές με υπονατριαιμία ολοκλήρωσαν λιγότερο αφυδατωμένοι τον αγώνα. Έτσι, η μόνη πιθανότητα αυξημένης αποβολής Na^+ μέσω του ιδρώτα αφορά πολύ αυξημένη συγκέντρωση Na^+ στον ιδρώτα των υπονατριαιμικών αθλητών. Οι Montain et al [54], διαμορφώνοντας ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης της $[\text{Na}]$ ορού μετά από την ολοκλήρωση ενός αθλήματος παρατεταμένης διάρκειας, προέβλεψαν ότι υπονατριαιμία μπορεί να προκληθεί αποκλειστικά και μόνο από υπερβολική συγκέντρωση Na^+ στον ιδρώτα των αθλητών. Οι συγκεντρώσεις αυτές αφορούν τιμές πάνω από τις μέσες φυσιολογικές και θα πρέπει να κυμαίνονται από 75 mmol/l και πάνω. Ωστόσο, οι υπονατριαιμίες που μπορούν να προκύψουν αποκλειστικά από πολύ αυξημένες συγκεντρώσεις Na^+ στον ιδρώτα είναι υπονατριαιμίες ήπιας μορφής με τη συγκέντρωση νατρίου στον ορό να βρίσκεται μεταξύ 130 και 135 mmol/l [54].

Επίσης, αποκλείεται ο παράγοντας της αναπλήρωσης Na^+ από τα φαγητά και τα ποτά κατά τη διάρκεια του αγώνα, να έπαιξε ρόλο στην εμφάνιση ή όχι υπονατριαιμίας αφού οι νορμονατριαιμικοί και οι υπονατριαιμικοί αθλητές προσελάμβαναν σχεδόν ίσες ποσότητες κατά μέσο όρο Na^+ , προς αναπλήρωση των απωλειών τους.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι 2 είναι οι πιθανοί μηχανισμοί εξήγησης της εμφάνισης υπονατριαιμίας. Μπορεί να συνέβαλαν και οι 2 στην εμφάνιση υπονατριαιμίας στην παρούσα μελέτη ή ο ένας εκ των δύο να είναι ο αιτιολογικός παράγοντας: 1) μειωμένη νεφρική λειτουργία και αιμάτωση ή και ανάρμοστες για τις

συγκεκριμένες συνθήκες ορμονικές εκκρίσεις που προκάλεσαν κατακράτηση υγρών
2) πολύ αυξημένη συγκέντρωση Na^+ στον ιδρώτα των υπονατριάμικών αθλητών.

4.7 Συσχετίσεις

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης νατρίου μέσω της τροφής και των ποτών κατά τη διάρκεια του αγώνα και της [Na] ορού μετά το τέλος του αγώνα ($p=0.683$). Η απουσία συσχέτισης μεταξύ των δύο παραπάνω παραγόντων φανερώνει ότι στη δική μας μελέτη, η χαμηλή πρόσληψη νατρίου και η ανεπαρκής αντικατάσταση των απωλειών νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα, δεν αποτελούσε παράγοντα κινδύνου εμφάνισης υπονατριάμιας, αν και κάποιες μελέτες στο παρελθόν έδειξαν ότι τα άτομα που αναπλήρωναν το νατρίου που έχαναν σε μεγαλύτερο βαθμό κατά τη διάρκεια της άσκησης μέσω αθλητικών ποτών [2, 78] ή συμπληρωμάτων νατρίου [43] εμφάνιζαν μικρότερες μειώσεις στη [Na] ορού.

Επιπλέον, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής βάρους μετά τη λήξη του αγώνα και της [Na] ορού μετά το τέλος του αγώνα ($p=0.699$), αν και όπως προαναφέρθηκε οι υπονατριάμικοί αθλητές είχαν τάση να εμφανίζουν μικρότερη απώλεια βάρους σε σχέση με τους νορμονατριάμικούς αθλητές. Οι Speedy et al, ήταν οι πρώτοι που πρότειναν ότι υπήρχε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου αίματος μετά τη λήξη του αγώνα και της ποσοστιαίας μεταβολής στο βάρος των αθλητών [22]. Το εύρημα αυτό επιβεβαίωσαν και άλλες μελέτες [20, 21, 24, 32, 41]

Η μεταβολή του όγκου πλάσματος μετά τη λήξη του αγώνα συσχετίστηκε πολύ ασθενώς με τη συγκέντρωση νατρίου [Na] ορού ($r=0.267$, $p=0.073$). Η αύξηση του όγκου πλάσματος μετά από άσκηση παρατεταμένης διάρκειας έχει συσχετιστεί με υπερυδάτωση των υπονατριάμικών αθλητών [25, 36], και εμφάνιση διαλυτικής υπονατριάμιας. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη η συσχέτιση δεν έφτασε σε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας και συνεπώς δε μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Επιπρόσθετα, η συγκέντρωση νατρίου [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα δε συσχετίστηκε στατιστικά σημαντικά με την ποσότητα υγρών που προσλήφθηκαν κατά τη διάρκεια του αγώνα ($r=0.207$, $p=0.107$). Η υπερβολική πρόσληψη υγρών έχει συσχετιστεί κατά το παρελθόν με μειωμένα επίπεδα νατρίου αίματος [4, 31], αλλά στην παρούσα μελέτη δε φάνηκε να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης

νατρίου [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα και της ποσότητας των υγρών που προσελάμβαναν οι αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Τέλος, η [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα συσχετίστηκε πολύ ασθενώς με το χρόνο τερματισμού των αθλητών ($r=0.227$, $p=0.076$). Σε κάποιες μελέτες ο μεγαλύτερος χρόνος τερματισμού των αθλητών συσχετίστηκε με χαμηλά επίπεδα νατρίου ορού ή πλάσματος [14, 31, 38, 39]. Στη μελέτη που εκπονήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα, αν και οι υπονατριαιμικοί αθλητές έτειναν να τερματίζουν κατά μέσο όρο 20 λεπτά αργότερα από τους νορμονατριαιμικούς αθλητές, δεν υπήρξε συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου [Na] ορού μετά τη λήξη του αγώνα και του χρόνου τερματισμού των αθλητών.

Συνοψίζοντας, 5 αθλητές (8%) εμφάνισαν υπονατριαιμία κατά τη διάρκεια του Μαραθωνίου του Ολύμπου. Η διαιτητική πρόσληψη νατρίου και η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα δε διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των υπονατριαιμικών και των νορμονατριαιμικών αθλητών. Συνεπώς δεν υπήρξε συσχέτιση της πρόσληψης νατρίου και της πρόσληψης υγρών από τους αθλητές κατά τη διάρκεια του αγώνα με την εμφάνιση υπονατριαιμίας. Στην εμφάνιση υπονατριαιμίας πιθανώς να συνέβαλλαν άλλοι παράγοντες όπως η αυξημένη συγκέντρωση νατρίου [Na] στον ιδρώτα των υπονατριαιμικών αθλητών, η αναστολή της φυσιολογικής λειτουργίας των νεφρών και η ανάρμοστη έκκριση ορμονών που ρυθμίζουν την ισορροπία των υγρών και των ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές Μεταπτυχιακής Διατριβής

1. Hew-Butler, T., et al., *Consensus statement of the 1st International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Cape Town, South Africa 2005*. Clin J Sport Med, 2005. **15**(4): p. 208-13.
2. Vrijens, D.M. and N.J. Rehrer, *Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat*. J Appl Physiol, 1999. **86**(6): p. 1847-51.
3. Costill, D.L., W.F. Kammer, and A. Fisher, *Fluid ingestion during distance running*. Arch Environ Health, 1970. **21**(4): p. 520-5.
4. Frizzell, R.T., et al., *Hyponatremia and ultramarathon running*. Jama, 1986. **255**(6): p. 772-4.
5. Hiller, W.D., *Dehydration and hyponatremia during triathlons*. Med Sci Sports Exerc, 1989. **21**(5 Suppl): p. S219-21.
6. Wyndham, C.H. and N.B. Strydom, *The danger of an inadequate water intake during marathon running*. S Afr Med J, 1969. **43**(29): p. 893-6.
7. Maron, M.B., S.M. Horvath, and J.E. Wilkerson, *Acute blood biochemical alterations in response to marathon running*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1975. **34**(3): p. 173-81.
8. McKechnie, J.K., W.P. Leary, and T.D. Noakes, *Metabolic responses to a 90 km running race*. S Afr Med J, 1982. **61**(13): p. 482-4.
9. Cohen, I. and A.L. Zimmerman, *Changes in serum electrolyte levels during marathon running*. S Afr Med J, 1978. **53**(12): p. 449-53.
10. Rose, L.I., et al., *Serum electrolyte changes after marathon running*. J Appl Physiol, 1970. **29**(4): p. 449-51.
11. Kavanagh, T. and R.J. Shephard, *On the choice of fluid for the hydration of middle-aged marathon runners*. Br J Sports Med, 1977. **11**(1): p. 26-35.
12. Kavanagh, T., R.H. Shephard, and V. Pandit, *Marathon running after myocardial infarction*. Jama, 1974. **229**(12): p. 1602-5.
13. Whiting, P.H., R.J. Maughan, and J.D. Miller, *Dehydration and serum biochemical changes in marathon runners*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1984. **52**(2): p. 183-7.
14. Noakes, T.D., et al., *Water intoxication: a possible complication during endurance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1985. **17**(3): p. 370-5.
15. Clark, J.M. and F.J. Gennari, *Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner*. West J Med, 1993. **159**(2): p. 188-9.
16. Irving, R.A., et al., *Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia*. J Appl Physiol, 1991. **70**(1): p. 342-8.
17. Noakes, T.D., *The hyponatremia of exercise*. Int J Sport Nutr, 1992. **2**(3): p. 205-28.
18. Noakes, T.D., et al., *The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1990. **22**(2): p. 165-70.
19. O'Toole, M.L., et al., *Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon*. Clin J Sport Med, 1995. **5**(2): p. 116-22.
20. Rogers, G., C. Goodman, and C. Rosen, *Water budget during ultra-endurance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1997. **29**(11): p. 1477-81.
21. Speedy, D.B., et al., *Weight changes and serum sodium concentrations after an ultradistance multisport triathlon*. Clin J Sport Med, 1997. **7**(2): p. 100-3.

22. Speedy, D.B., et al., *Hyponatremia and weight changes in an ultradistance triathlon*. Clin J Sport Med, 1997. **7**(3): p. 180-4.
23. Speedy, D.B., et al., *A prospective study of exercise-associated hyponatremia in two ultradistance triathletes*. Clin J Sport Med, 2000. **10**(2): p. 136-41.
24. Speedy, D.B., et al., *Hyponatremia in ultradistance triathletes*. Med Sci Sports Exerc, 1999. **31**(6): p. 809-15.
25. Speedy, D.B., et al., *Exercise-induced hyponatremia in ultradistance triathletes is caused by inappropriate fluid retention*. Clin J Sport Med, 2000. **10**(4): p. 272-8.
26. Speedy, D.B., et al., *Hyponatremia and seizures in an ultradistance triathlete*. J Emerg Med, 2000. **18**(1): p. 41-4.
27. Surgenor, S. and R.E. Uphold, *Acute hyponatremia in ultra-endurance athletes*. Am J Emerg Med, 1994. **12**(4): p. 441-4.
28. Wolfson, A.B., *Acute hyponatremia in ultra-endurance athletes*. Am J Emerg Med, 1995. **13**(1): p. 116-7.
29. Verbalis, J.G., *Disorders of body water homeostasis*. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab, 2003. **17**(4): p. 471-503.
30. Arieff, A.I., F. Llach, and S.G. Massry, *Neurological manifestations and morbidity of hyponatremia: correlation with brain water and electrolytes*. Medicine (Baltimore), 1976. **55**(2): p. 121-9.
31. Hew, T.D., et al., *The incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners*. Clin J Sport Med, 2003. **13**(1): p. 41-7.
32. Noakes, T.D., et al., *Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2005. **102**(51): p. 18550-5.
33. Weschler, L.B., *Exercise-associated hyponatraemia: a mathematical review*. Sports Med, 2005. **35**(10): p. 899-922.
34. Scheuren, A., et al., *Extreme hyponatremia of 87 mmol/l without neurologic complications in a severely hypovolemic patient*. Am J Med, 2000. **109**(8): p. 679-81.
35. Ayus, J.C., J. Varon, and A.I. Arieff, *Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners*. Ann Intern Med, 2000. **132**(9): p. 711-4.
36. Noakes, T.D., *Overconsumption of fluids by athletes*. Bmj, 2003. **327**(7407): p. 113-4.
37. Noakes, T.D. and J.W. Carter, *Biochemical parameters in athletes before and after having run 160 kilometres*. S Afr Med J, 1976. **50**(40): p. 1562-6.
38. Davis, D.P., et al., *Exercise-associated hyponatremia in marathon runners: a two-year experience*. J Emerg Med, 2001. **21**(1): p. 47-57.
39. Almond, C.S., et al., *Hyponatremia among runners in the Boston Marathon*. N Engl J Med, 2005. **352**(15): p. 1550-6.
40. Noakes, T., *Sodium ingestion and the prevention of hyponatraemia during exercise*. Br J Sports Med, 2004. **38**(6): p. 790-2.
41. Sharwood, K., et al., *Weight changes, sodium levels, and performance in the South African Ironman Triathlon*. Clin J Sport Med, 2002. **12**(6): p. 391-9.
42. Sharwood, K.A., et al., *Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon*. Br J Sports Med, 2004. **38**(6): p. 718-24.
43. Speedy, D.B., et al., *Oral salt supplementation during ultradistance exercise*. Clin J Sport Med, 2002. **12**(5): p. 279-84.

44. Speedy, D.B., et al., *Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon*. Clin J Sport Med, 2000. **10**(1): p. 52-8.
45. Speedy, D.B., et al., *Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia*. Med Sci Sports Exerc, 2001. **33**(9): p. 1434-42.
46. Speedy, D.B., et al., *Fluid balance during and after an ironman triathlon*. Clin J Sport Med, 2001. **11**(1): p. 44-50.
47. Young, M., F. Sciurba, and J. Rinaldo, *Delirium and pulmonary edema after completing a marathon*. Am Rev Respir Dis, 1987. **136**(3): p. 737-9.
48. Hsieh, M., et al., *Hyponatremia in runners requiring on-site medical treatment at a single marathon*. Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(2): p. 185-9.
49. Hiller, W.D., et al., *Medical and physiological considerations in triathlons*. Am J Sports Med, 1987. **15**(2): p. 164-7.
50. O'Brien, K.K., et al., *Hyponatremia associated with overhydration in U.S. Army trainees*. Mil Med, 2001. **166**(5): p. 405-10.
51. Garigan, T.P. and D.E. Ristedt, *Death from hyponatremia as a result of acute water intoxication in an Army basic trainee*. Mil Med, 1999. **164**(3): p. 234-8.
52. Armstrong, L.E., et al., *Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat*. Med Sci Sports Exerc, 1993. **25**(5): p. 543-9.
53. Rehrer, N.J., *Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport*. Sports Med, 2001. **31**(10): p. 701-15.
54. Montain, S.J., S.N. Cheuvront, and M.N. Sawka, *Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology*. Br J Sports Med, 2006. **40**(2): p. 98-105; discussion 98-105.
55. Speedy, D.B., T.D. Noakes, and C. Schneider, *Exercise-associated hyponatremia: a review*. Emerg Med (Fremantle), 2001. **13**(1): p. 17-27.
56. Montain, S.J., M.N. Sawka, and C.B. Wenger, *Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis*. Exerc Sport Sci Rev, 2001. **29**(3): p. 113-7.
57. Backer, H.D., et al., *Exertional heat illness and hyponatremia in hikers*. Am J Emerg Med, 1999. **17**(6): p. 532-9.
58. Moran, S.M. and R.L. Jamison, *The variable hyponatremic response to hyperglycemia*. West J Med, 1985. **142**(1): p. 49-53.
59. Olsson, K.E. and B. Saltin, *Variation in total body water with muscle glycogen changes in man*. Acta Physiol Scand, 1970. **80**(1): p. 11-8.
60. Sherman, W.M., *Recovery from endurance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1992. **24**(9 Suppl): p. S336-9.
61. MacDougall, J.D., G.R. Ward, and J.R. Sutton, *Muscle glycogen repletion after high-intensity intermittent exercise*. J Appl Physiol, 1977. **42**(2): p. 129-32.
62. Smith, D.M., K. McKenna, and C.J. Thompson, *Hyponatraemia*. Clin Endocrinol (Oxf), 2000. **52**(6): p. 667-78.
63. Bartter, F.C. and W.B. Schwartz, *The syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone*. Am J Med, 1967. **42**(5): p. 790-806.
64. Schmidt, W., et al., *Plasma-electrolytes in natives to hypoxia after marathon races at different altitudes*. Med Sci Sports Exerc, 1999. **31**(10): p. 1406-13.
65. Viinamäki, O., *The effect of hydration status on plasma vasopressin release during physical exercise in man*. Acta Physiol Scand, 1990. **139**(1): p. 133-7.
66. Rault, R.M., *Case report: hyponatremia associated with nonsteroidal antiinflammatory drugs*. Am J Med Sci, 1993. **305**(5): p. 318-20.

67. Levine, B.D. and P.D. Thompson, *Marathon maladies*. N Engl J Med, 2005. **352**(15): p. 1516-8.
68. Hsieh, M., *Recommendations for treatment of hyponatraemia at endurance events*. Sports Med, 2004. **34**(4): p. 231-8.
69. Zelingher, J., et al., *Case series: hyponatremia associated with moderate exercise*. Am J Med Sci, 1996. **311**(2): p. 86-91.
70. Freund, B.J., et al., *Hormonal, electrolyte, and renal responses to exercise are intensity dependent*. J Appl Physiol, 1991. **70**(2): p. 900-6.
71. Pastene, J., et al., *Water balance during and after marathon running*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1996. **73**(1-2): p. 49-55.
72. Schmidt, W., et al., *Is urodilatin the missing link in exercise-dependent renal sodium retention?* J Appl Physiol, 1998. **84**(1): p. 123-8.
73. Mudambo, K.S., W. Coutie, and M.J. Rennie, *Plasma arginine vasopressin, atrial natriuretic peptide and brain natriuretic peptide responses to long-term field training in the heat: effects of fluid ingestion and acclimatization*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1997. **75**(3): p. 219-25.
74. Bailey, R.R., et al., *What the urine contains following athletic competition*. N Z Med J, 1976. **83**(563): p. 309-13.
75. Stuempfle, K.J., et al., *Hyponatremia in a cold weather ultraendurance race*. Alaska Med, 2002. **44**(3): p. 51-5.
76. Galun, E., et al., *Hyponatremia induced by exercise: a 24-hour endurance march study*. Miner Electrolyte Metab, 1991. **17**(5): p. 315-20.
77. Noakes, T.D., et al., *The dipsomania of great distance: water intoxication in an Ironman triathlete*. Br J Sports Med, 2004. **38**(4): p. E16.
78. Twerenbold, R., et al., *Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women*. Br J Sports Med, 2003. **37**(4): p. 300-3; discussion 303.
79. Reynolds, N.C., Jr., H.D. Schumaker, and S. Feighery, *Complications of fluid overload in heat casualty prevention during field training*. Mil Med, 1998. **163**(11): p. 789-91.
80. Barr, S.I., D.L. Costill, and W.J. Fink, *Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid*. Med Sci Sports Exerc, 1991. **23**(7): p. 811-7.
81. Orenstein, D.M., et al., *Exercise and heat stress in cystic fibrosis patients*. Pediatr Res, 1983. **17**(4): p. 267-9.
82. Bar-Or, O., et al., *Voluntary dehydration and heat intolerance in cystic fibrosis*. Lancet, 1992. **339**(8795): p. 696-9.
83. Stanghelle, J.K., et al., *Biochemical changes and endocrine responses in cystic fibrosis in relation to a marathon race*. Int J Sports Med, 1988. **9 Suppl 1**: p. 45-50.
84. Kriemler, S., et al., *Preventing dehydration in children with cystic fibrosis who exercise in the heat*. Med Sci Sports Exerc, 1999. **31**(6): p. 774-9.
85. Smith, H.R., et al., *Cystic fibrosis presenting as hyponatraemic heat exhaustion*. Bmj, 1995. **310**(6979): p. 579-80.
86. Ayus, J.C., J.M. Wheeler, and A.I. Arieff, *Postoperative hyponatremic encephalopathy in menstruant women*. Ann Intern Med, 1992. **117**(11): p. 891-7.
87. Glace, B.W., C.A. Murphy, and M.P. McHugh, *Food intake and electrolyte status of ultramarathoners competing in extreme heat*. J Am Coll Nutr, 2002. **21**(6): p. 553-9.

88. Glace, B., C. Murphy, and M. McHugh, *Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2002. **12**(4): p. 414-27.
89. Noakes, T., *Fluid replacement during marathon running*. Clin J Sport Med, 2003. **13**(5): p. 309-18.
90. Convertino, V.A., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement*. Med Sci Sports Exerc, 1996. **28**(1): p. i-vii.
91. Fallon, K.E., et al., *Nutritional and fluid intake in a 100-km ultramarathon*. Int J Sport Nutr, 1998. **8**(1): p. 24-35.
92. Pivarnik, J.M., E.M. Leeds, and J.E. Wilkerson, *Effects of endurance exercise on metabolic water production and plasma volume*. J Appl Physiol, 1984. **56**(3): p. 613-8.
93. Reid, S.A., et al., *Study of hematological and biochemical parameters in runners completing a standard marathon*. Clin J Sport Med, 2004. **14**(6): p. 344-53.
94. Finkel, K.W., *Water intoxication presenting as a suspected contaminated urine sample for drug testing*. South Med J, 2004. **97**(6): p. 611-3.
95. Adroque, H.J. and N.E. Madias, *Hyponatremia*. N Engl J Med, 2000. **342**(21): p. 1581-9.
96. Gross, P., *Treatment of severe hyponatremia*. Kidney Int, 2001. **60**(6): p. 2417-27.
97. Han, D.S. and B.S. Cho, *Therapeutic approach to hyponatremia*. Nephron, 2002. **92 Suppl 1**: p. 9-13.
98. Yeates, K.E., M. Singer, and A.R. Morton, *Salt and water: a simple approach to hyponatremia*. Cmaj, 2004. **170**(3): p. 365-9.
99. Gardner, J.W., *Death by water intoxication*. Mil Med, 2002. **167**(5): p. 432-4.
100. Dill, D.B. and D.L. Costill, *Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration*. J Appl Physiol, 1974. **37**(2): p. 247-8.
101. Rehrer, N.J., et al., *Physiological changes and gastro-intestinal symptoms as a result of ultra-endurance running*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1992. **64**(1): p. 1-8.
102. Kratz, A., et al., *Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers*. Am J Clin Pathol, 2002. **118**(6): p. 856-63.
103. Costill, D.L., et al., *Exercise induced sodium conservation: changes in plasma renin and aldosterone*. Med Sci Sports, 1976. **8**(4): p. 209-13.
104. Armstrong, L.E., et al., *Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat*. Aviat Space Environ Med, 1985. **56**(8): p. 765-70.
105. Stuenkel, K.J., et al., *Change in serum sodium concentration during a cold weather ultradistance race*. Clin J Sport Med, 2003. **13**(3): p. 171-5.